

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Estimación de Modelos para Determinar la Acumulación de Macronutrientos en  
Crisantemo para Flor de Corte

Por:

**ANGEL CRUZ ALTUNAR**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO HORTICULTURA

Estimación de Modelos para Determinar la Acumulación de Macronutrientes en  
Crisantemo para Flor de Corte

Por:

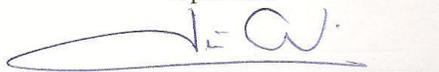
**ANGEL CRUZ ALTUNAR**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

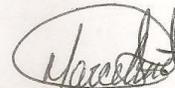
Aprobada:



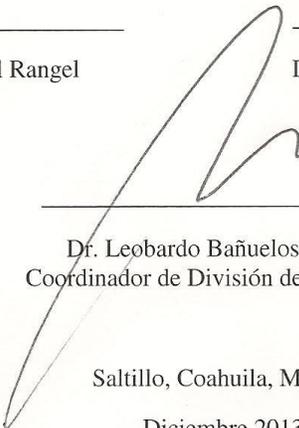
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar  
Asesor Principal



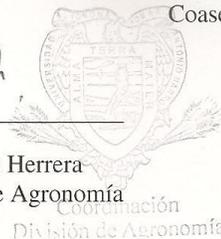
Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Coasesor



Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente  
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2013

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por mostrarme tantas veces su existencia, colmar de bendiciones mi vida y mostrarme que con dedicación todo puede lograrse; sobre todo por haberme dado una familia que me brinda la felicidad que necesito para seguir adelante y lograr mis metas ; por darme virtudes y defectos que hoy me convierten en una persona mejor.

A mi ALMA TERRA MATER (UAAAN), por darme la oportunidad de adquirir conocimientos en sus aulas, en la biblioteca y haberme dado armas suficientes para desempeñar mi profesión, por ser una institución que permite el desarrollo de los jóvenes que son el futuro de nuestro país.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar, por asesorarme con su amplia experiencia y su excelente coordinación en el presente trabajo. Además por su apoyo y por la amistad ofrecida “júntense conmigo”.

A los Dr. (S). Alberto Sandoval Rangel y Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente, por su atenta y amplia experiencia, en la ayuda de la revisión del trabajo de investigación.

Al área de invernadero de investigación del Departamento de Fitomejoramiento, por el apoyo recibido, para realizar mí experimento de campo.

Al Departamento de Horticultura y Departamento de Ciencias del Suelo, por la facilidad de adquisición de los materiales y equipos necesarios para realizar mi investigación, así como al personal de los Laboratorios de Nutrición Vegetal y Tejidos Vegetales, Fisiología Vegetal, Post cosecha y Suelos.

## DEDICATORIAS

Esta tesis es el resultado de un conjunto de situaciones. Lugares, sentimientos, hechos y personas; sin las cuales, no hubiera podido ser posible, pero sobre todo por la gente que creyó en mí, por mostrarme que los sueños pueden hacerse realidad en cualquier aspecto de la vida, en estos tiempos que requerí la mano solo estuvieron las más importantes, gracias.

A mis padres: Sra. Epifanía Altunar Jiménez y Sr. Refugio Cruz Cruz por sus ejemplos y amor que hizo de mi todo lo que soy; atribuyo todos mis éxitos en esta vida. Por todas aquellas noches que les robe el sueño pensando en mí y en mi futuro; a pesar de la distancia siempre los sentí cerca, sin duda mejores padres, las personas que más admiro y adoro con toda el alma.

A mis hermanos especialmente a Josefina, Librado, Uberto, Laura, Juan Caspacio, Ricardo y Ana Gabriela por compartir los mejores momentos de mi vida e inyectarme las ganas de seguir adelante, por sus cariños y apoyo incondicional.

A mis abuelos: Silvestre Altunar Pérez y Juana Jiménez Sánchez, que están en el cielo apoyándome, por ser ejemplo de la vida y apoyar a mis padres en los momentos difíciles.

A mis tíos: Dionel, Juan y Minerva por estar en los momentos adecuados y siempre por tener las palabras adecuadas en el momento preciso.

A mis amigos: Beltrán, Romeo, Gabriel, Andrés, Kelly, Javier, J. Luis y F. Angélica, por haber conocidos una familia en ellos. A Verónica, Luisa, Horacio y Salvador por escucharme y ayudar en los momentos oportunos y adecuados para seguir adelante.

<b>ÍNDICE GENERAL</b>		<b>Pág.</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....		I
<b>DEDICATORIAS</b> .....		II
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....		IV
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....		V
<b>RESUMEN</b> .....		VIII

## **ÍNDICE DE CONTENIDO**

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....		1
Objetivo general.....		3
Objetivos específicos.....		3
Hipótesis.....		3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....		4
Generalidades del cultivo.....		4
Origen de cultivo.....		4
Clasificación botánica.....		4
Descripción de la inflorescencias.....		4
Variedades en México.....		5
Manejo de cultivo.....		5
Propagación.....		5
Preparación de suelo.....		6
Crecimiento vegetativo.....		7
Iniciación y desarrollo de botón floral.....		7
Nutrición mineral.....		8
Fertilización de crisantemo.....		10

	<b>Pág.</b>
Eficiencia en crisantemo.....	10
Curva de crecimiento, desarrollo de plantas y extracción de macronutrientes.....	11
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>16</b>
Localización.....	16
Material Vegetativo.....	16
Manejo de las plantas.....	17
Muestreo de las plantas.....	19
Análisis estadístico.....	20
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>21</b>
Parámetros de crecimiento y desarrollo de las plantas de crisantemo.....	21
Concentración y extracción nutrimental.....	27
Dinámica de la extracción nutrimental.....	29
<b>V. CONCLUSION.....</b>	<b>40</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>41</b>
<b>VII. APÉNDICE.....</b>	<b>47</b>

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Composición de la solución nutritiva en crisantemo (ppm).....	18
<b>Cuadro 2.</b> Diámetro de la flor en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	23
<b>Cuadro 3.</b> Peso fresco en los diferentes órganos en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	24
<b>Cuadro 4.</b> Producción de biomasa total en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	26
<b>Cuadro 5.</b> Concentración total de macronutrientes por planta en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	27
<b>Cuadro 6.</b> Extracción (por periodo de 15 días) de N, K, P, Ca y Mg en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Esquejes de crisantemo empleados en el estudio.....	16
<b>Figura 2.</b> Altura de la planta de crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	21
<b>Figura 3.</b> Longitud de raíz de crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	22
<b>Figura 4.</b> Numero de hojas de crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	23
<b>Figura 5.</b> Peso fresco total en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	25
<b>Figura 6.</b> Producción de biomasa total en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	26
<b>Figura 7.</b> Extracción total de Nitrógeno (N) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	30
<b>Figura 8.</b> Extracción relativa de Nitrógeno (N) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	30
<b>Figura 9.</b> Extracción, acumulación y distribución final del Nitrógeno (N) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	31
<b>Figura 10.</b> Extracción total de Fosforo (P) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	32
<b>Figura 11.</b> Extracción relativa de Fosforo (P) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	32
<b>Figura 12.</b> Extracción, acumulación y distribución final del Fosforo (P) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	33
<b>Figura 13.</b> Extracción total de Potasio (K) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	34
<b>Figura 14.</b> Extracción relativa de Potasio (K) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	34
<b>Figura 15.</b> Extracción, acumulación y distribución final del Potasio (K) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	35

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 16.</b> Extracción total de Calcio (Ca) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	36
<b>Figura 17.</b> Extracción relativa de Calcio (Ca) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	36
<b>Figura 18.</b> Extracción, acumulación y distribución final del Calcio (Ca) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	37
<b>Figura 19.</b> Extracción total de Magnesio (Mg) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	38
<b>Figura 20.</b> Extracción relativa de Magnesio (Mg) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	38
<b>Figura 21.</b> Extracción, acumulación y distribución final del Magnesio (Mg) en crisantemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) cv Indianápolis White.....	39

## RESUMEN

En México uno de los problemas que enfrenta el cultivo de crisantemo es la disminución de la calidad de la producción debido a desbalances nutrimentales, resultado de una fertilización inadecuada, la cual debe ser ajustada y recomendada en base en su respectiva curva de extracción de nutrimentos. El presente trabajo se determinó, a través de muestreos en cada etapa fenológica, la curva de extracción de macronutrientes [Nitrógeno (N), Potasio (K), Fosforo (P), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)] en crisantemo cv Indianápolis White producida en turba ácida. Se encontró que la extracción de macronutrientes fue paralela a la curva de acumulación de materia seca vegetal. El N y K fueron los elementos mayormente extraídos, seguidos por el P, Ca y Mg respectivamente. La mayor demanda de todos los nutrimentos ocurrió en la etapa reproductiva. La planta extrajo durante la primera etapa 14.79% de N, 16.66% de K, 11.63% de P, 12.93% de Ca y 14.64% de Mg y en la segunda 85.21% de N, 83.34% de K, 88.37% de P, 87.07% de Ca y 85.36% de Mg. El crisantemo se puede considerar de alta demanda nutricional, ya que con una densidad de población de 60 plantas por m<sup>2</sup>, las extracciones nutrimentales de estimaron en: 17.28 g de N, 12.09 g de K, 5.862 g de P, 3.11 g de Ca y 2.8 g de Mg, en 79 días. Por planta la hoja fue el órgano que acumuló mayor cantidad de macronutrientes, seguido por el tallo, flor y la raíz. Los resultados se analizaron mediante un modelo, Sigmoidal con tres Parámetros, la ecuación es: 
$$Y = \frac{a}{1+e^{-\frac{x-x_0}{b}}}$$

**Palabra clave:** Crisantemo, Macronutrientes, productividad.

## I. INTRODUCCIÓN

El crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) es la segunda flor de corte más importante de las tres principales que se cultivan anualmente a nivel internacional, después de la rosa (*Rosa* spp.) y el clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) (Villanueva *et al.*, 2005). En México se cultivaron 6 mil 700 ha con flores de corte en invernadero y a campo abierto, que involucra 12 mil productores y genera alrededor de 200 mil empleos, el 84% de la flor que exporta el país, abasteciendo en un 4.1% al mercado estadounidense (ICAMEX, 2013). En el Estado de México se cultivaron 2 mil 466.75 ha con crisantemo (SIAP, 2012). Del total de producción mexiquense, el 60% se destina al mercado interno y 40% al externo, se produjo 8, 731, 240 gruesas de crisantemo. El 80% del crisantemo que se produce se destina para fines religiosos (Día de Muertos y misas) y el 20% restante para fines estéticos, como relleno o base de arreglos (Soto y Armando, 2006). El cultivo requiere 8 jornales por ha, sin contar los empleos indirectos y temporales, así mismo se promedia el valor de la producción por ha por año en más de dos millones de pesos (Granada, 2007).

El cultivo a campo abierto y en invernadero rústico sigue siendo la principal forma de producción en México. Uno de los problemas que enfrenta la producción de crisantemo es la disminución del rendimiento y la calidad de la producción, debido a desbalances nutrimentales, resultado de una fertilización inadecuada. El manejo empírico de la fertilización ha conducido a desbalance nutrimentales principalmente entre N, P, K, Ca y Mg, que afectan el crecimiento y calidad del crisantemo. Los floricultores del país utilizan cantidades excesivas de fertilizantes que aportan los nutrientes mencionados, lo cual repercute en la mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades, baja calidad de la flor y mayor costo de producción, así como también la contaminación de suelo.

Los estudios de absorción de nutrientes permiten establecer las bases de fertilización de los cultivos, de tal manera que puede ser ajustada al ciclo del cultivo. Por consecuencia, se puede optimizar la cantidad de fertilizante a utilizar, evitar el deterioro de los suelos y disminuir el impacto de la fertilización en el ambiente. La mayor eficiencia de los nutrientes aplicados al suelo para la producción de cultivos se basa fundamentalmente

en la posibilidad de aplicarlos según la demanda de la planta y la etapa fenológica (Terry, 2008).

Las curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de rosa hasta la fecha es el instrumento que brinda los datos más cercanos a lo que consume un cultivo de flor de corte durante todo su ciclo de vida o de producción. Estos sirven para conocer la cantidad mínima de nutrientes requerida por un cultivo que persigue determinado rendimiento. Estas curvas de absorción de nutrientes se construyen con base en la asociación entre el peso seco de los tejidos de la planta con las concentraciones de nutrientes presentes en esos tejidos (Bertsch, 2003).

La curva de absorción es una información alternativa de producción que se ha empleado en muchos cultivos y abre nuevas posibilidades al productor en cuanto a la eficiencia y ahorro de fertilizantes.

Para el cultivo del crisantemo no existe esta información. Por ello esta investigación está encaminada a modelar la concentración y extracción de macronutrientes en diferentes etapas fenológica del ciclo del cultivo de crisantemo desarrollado en turba ácida. Con estas curvas es posible determinar más precisión la aplicación oportuna de fertilizantes de acuerdo a la demanda, en la cantidad que la planta requiera para su desarrollo.

## **Objetivo general**

Determinar la curva de absorción de macronutrientes del cultivo de crisantemo, para utilizarlas como herramienta en el diseño de programas de la fertilización.

## **Objetivos específicos**

- Determinar las cantidades específicas de los nutrientes extraídos en cada etapa fenológica.
- Desarrollar una curva de producción de materia seca, considerando órganos y etapas fenológicas en base a la absorción de nutrientes
- Desarrollar un programa de manejo en fertirriego en este cultivo.

## **Hipótesis**

La extracción de macronutrientes depende de la etapa fenológica del cultivo de crisantemo.

## II. REVISION DE LITERATURA

### Generalidades del cultivo de crisantemo

#### Origen del cultivo

El crisantemo es originario de China, llevado a Inglaterra por Robert Fortune en 1848, se incluye *Chrysanthemum indicum* (un sencillo amarillo), *C. morifolium* (colores rosa a lila) y la margarita chusa (especie desconocida) la cual se piensa que es uno de los parientes del crisantemo pompón (Kofranek, 1980).

#### Clasificación botánica

El género de *Chrysanthemum* pertenece a la especie *morifolium* y a la familia de las Asteráceas (Granada, 2007).

#### Descripción de inflorescencias

Según Arbos (1992) la inflorescencia del crisantemo se encuentra formada por dos tipos de flores pequeñas, por ello se llama flores compuestas. En cada inflorescencia existen dos tipos: las flores de disco, que se encuentran en el centro, son tubulares y perfectas (masculina, femenina fértiles y pétalos desarrollados), y las flores radicales o liguladas que son imperfectas y fértiles se localizan en los márgenes, tienen pétalos largos y bien desarrollados.

Según Kofranek (1980) las formas de la inflorescencia se clasifican en:

- a) **Sencillas**, tipo margarita, compuesta de una o dos hileras de flores pistiladas exteriores (radicales) y flores planas bisexuales (concéntricas) en el centro.
- b) **Anemonas**, similares a las formas sencillas excepto que las flores concéntricas son alargadas y tubulares, formando un cojín. Las flores concéntricas pueden ser del mismo color o de uno diferente al de las flores radicales.
- c) **Pompones**, con una cabeza globular formada de flores radicales cortas y uniformes, no hay flores concéntricas.

- d) **Decorativas**, similares a los pompones, ya que se componen en su principalmente de flores radicales, pero las hileras exteriores son más largas que las centrales, dando a la inflorescencia una forma plana e irregular.
- e) **Flores grandes**, mayores de 10 cm clasificadas de diferentes formas: incurvadas dobles, doble reflejo, flores tubulares y misceláneas.

### **Variedades en México**

Las variedades más utilizados en México son Eleonora Roja, Eleonora Blanca, Estándar Indianápolis Blanca, Margarita Coral, Margarita Ocre, Margarita Roja, Polaris White, Puma Amarillo, Puma Blanca, Spider Blanco y Vikingo Blanco (ICAMEX, 2004).

Las variedades de crisantemo Indianápolis y Texana, son comercialmente importantes en la región de Texcoco, Estado de México (Sandoval *et al.*, 2008).

## **Manejo de cultivo**

### **Propagación**

Las plantas de crisantemo se propagan enraizando esquejes terminales de plantas madre, seleccionándolos con base en su sanidad y calidad (Salinger, 1991). El manejo de estos esquejes vegetativos se obtienen de las plantas madre mantenidas bajo condiciones de día largo para inhibir la formación de botones finales (Guel, 1989). Los esquejes terminales de entre 8 y 10 cm de largo, se pueden colocar directamente en el medio de enraizamiento. Para intensificar el desarrollo de las raíces, los extremos basales de los esquejes se sumergen en un talco que contiene 0.1 a 0.2% de ácido indolbutírico. La temperatura de invernadero debe estar entre 15 y 18 grados y la del medio de enraizamiento entre 18 y 21 grados. La densidad deberá ser entre 500 y 600 esquejes por m<sup>2</sup> en el medio. Se debe colocar boquillas de riego para rociar intermitentemente los esquejes durante el día. Los esquejes tardan de 10 a 20 días en enraizar dependiendo la variedad y temporada. Los esquejes con raíces de 1.5 a 3 cm son ideales. Como medio de enraizamiento se usa cualquiera mezcla porosa no toxica, como por ejemplo la vermiculita, arena, cenizas finas de carbón, escoria, piedra pómez y suelo arenoso (Carrillo, 2009).

Se necesita Ca para un buen enraizamiento. Se puede adicionar yeso o cal (20-30 kg por 100 m<sup>2</sup>) sobre la superficie del medio de enraizamiento antes de colocar los esquejes, para proporcionar la cantidad adecuada de Ca y reducir las proporciones de Na y Mg si estos cationes son abundantes en el agua de riego (Kofranek, 1980).

### **Preparación de suelo**

Los crisantemos crecen en casi cualquier tipo de suelo si este se maneja adecuadamente (Carrillo, 2009). Los mejoradores de suelo como viruta de madera, corteza de abeto u otros materiales orgánicos, además de yeso, limo y superfosfato, pueden incorporarse al medio de crecimiento (Guel, 1989). Los suelos arcillosos que desprenden vapores pueden causar una concentración excesiva de amoníaco y manganeso, y puede corregirse adicionando yeso o superfosfato después del vapor, o manteniendo los suelos inactivos hasta que los microorganismos conviertan el amoníaco en nitrato (Mastalerz, 1977).

Es importante analizar el suelo a intervalos regulares para detectar un exceso de sales solubles y cambios de pH. El suelo debe tener un pH entre 5.5 y 6.5 y la CE (sales solubles) de un extracto de pasta saturado no deberá exceder los 2.5 dS m<sup>-1</sup> (Kofranek, 1980).

### **Crecimiento vegetativo**

El espaciamiento de los esquejes en camas varían con la estación y variedad; y si las plantas tendrán despunte o se deja a un solo tallo. Las plantas despuntadas se espacian de 15 x 18 cm en verano y 18 x 22 cm en invierno (Guel, 1989). Las plantas de un solo tallo se plantan de 10 x 10 cm para cosechar en verano y en otoño, y a 12.5 x 12.5 cm para cosechar en invierno (Segura, 2003).

Los crisantemos para flor de corte se siembra en camas de suelo. Los esquejes se plantan en hileras a una distancia de 20 cm y las raíces se cubren con el suelo. Una vez establecida la plantación es necesario instalar una malla de cuadros para propiciar el crecimiento de tallos erectos (Arbos, 1992 y Segura, 2003).

Los crisantemos tienen dos fases de desarrollo: la vegetativa (formación de hojas) y la reproductiva (floración). En la fase de desarrollo vegetativo es recomendable someter a la planta a largos periodos de luz (mayor a 12 h) para favorecer el crecimiento de los tallos (Arbos, 1992).

Según Post (1948) reportó que el crisantemo se rige por dos fotoperiodos críticos, uno de 14.5 h, el cual es necesario para la inducción de yemas florales y otro de 13.5 h, el cual es requerido para un buen desarrollo de la yema floral.

### **Iniciación y desarrollo de botón floral**

La floración se determina por dos factores. Duración de la luz del día y temperatura. La mayoría de los cultivares comienzan a desarrollar sus botones florales cuando el día dura menos de 12 horas; también la mayor parte florece en un periodo de entre 6 y 8 semanas de comenzado el desarrollo floral (Arbos, 1992). Bajo niveles de luz (intensidad luminosa) en latitudes norte disminuye su calidad y propicia crecimiento reducido del crisantemo cultivado en invernadero (Salinger, 1991).

Cuando las plantas alcanzan la longitud del tallo deseada se les da tratamiento de día corto. Las luces que proporcionaron los días largos se apagan durante un periodo natural de días cortos (invierno) o las plantas se cubren con una tela oscura durante los días largos naturales (verano). La tela puede ser satén negro o bien polietileno negro. El oscurecimiento se da mejor por un mínimo de 12 horas (7 p.m a 7 a.m). Un calor arriba de 30 grados bajo la tela negra retarda la iniciación floral. El oscurecimiento debe aplicarse de 20 a 21 días cortos consecutivos para crisantemo estándar y 42 para tipo racimo. Después de 14 días cortos consecutivos el capítulo de la inflorescencia está completamente formado. Las temperaturas altas del día y noche que se presenta cerca de la madurez puede adelantar la cosecha hasta 5 días pero disminuirá la calidad de la flor (Kofranek, 1980).

En las variedades estándar se debe realizar el desbotonado, que consiste en eliminar los botones florales secundarios que acompañan al central, con el propósito de lograr un mayor desarrollo de la flor (Carrillo, 2009).

### **Nutrición mineral**

El N es esencial en la división y expansión celular, y por lo tanto en el crecimiento (Jones *et al.*, 1991). Los requerimientos de N y K son altos para el crisantemo. El mantenimiento del suministro de N durante las primeras siete semanas es importante. Si durante este periodo se desarrolla una deficiencia moderada de este nutrimento, no se logra recuperar la calidad de la flor a un con aplicaciones posteriores de N (Kofranek, 1980).

El cultivo de crisantemo demuestra que esta especie requiere de altos requerimientos de N, principalmente durante su periodo vegetativo, siendo las hojas, peciolo y tallo las regiones donde el N es acumulado y a partir de aquí es traslocado para sostener el desarrollo de las inflorescencias (Woodson y Boodley, 1983).

Kofranek (1980) demostró la necesidad de suministrar altos niveles de N a crisantemo durante las primeras siete semanas, de lo contrario, se afecta adversamente la calidad de la flor y cualquier adición posterior no permite la recuperación de las plantas.

Durante las primeras semanas los sistemas radiculares de las plantas individuales no están expandidos por todo el suelo y hay baja eficiencia en la recuperación de N. La eficiencia aumenta con el tiempo y el mayor requerimiento de N para todas las partes aéreas de las plantas es entre el día 70 y 80, la etapa vegetativa tarda entre 21 y 30 días (Kofranek, 1980).

La absorción de N hasta la séptima semana es muy importante, en el tallo como en las hojas, ya que existe deficiencias de este elemento reduce enormemente la calidad de la flor, además de que se producen hojas pequeñas, verdes amarillentas, tallos cortos y sistema radical más desarrollo y el exceso provoca crecimiento exagerado, plantas débiles y tiernas. Después de la quinta semana el N es enviado al botón para su desarrollo. A la madurez, entre el 20 y 30 % del N total de la planta se encuentra en la inflorescencia (Aparicio, 1999).

El K es el nutrimento más requerido por las flores y fruto que demanda en la mayoría de los frutales (Salazar, 2002). Según Fageria (2001), adecuados niveles de K conllevan a un uso más eficiente del N por las plantas, lo cual es importante debido al papel fundamental que juega el N en el metabolismo y en el crecimiento.

Según Soria (2008) el K es el estimulador de la formación azúcares, por la capacidad para activar determinadas proteínas en el metabolismo, favoreciendo la síntesis de proteínas y aumenta la actividad de enzimas; los carbohidratos son aprovechados en el proceso de la formación de flores. La principal función de K es mantener la turgencia física coloidal en el plasma vegetal, lo cual es imprescindible en el metabolismo de la planta (Aparicio, 1999).

El K, por su alta concentración en la célula, se desempeña como el mayor osmolito que permite el mantenimiento de la turgencia y el equilibrio osmótico de las células (Epstein y Bloom, 2005; Wiendehoeft, 2006). La deficiencia provoca marchitamiento o quemado de los márgenes de las hojas más adultas, hasta el ápice y nervaduras centrales, formando hojas pequeñas y angostas, así como tallos delgados y débiles entre nudos cortos y su crecimiento de raíces se reducen (Macías, 2008).

El P es un elemento que influye fuertemente en la floración, activando la absorción de Mg. En los periodos de inducción floral, yemas vegetativas que se van a transformar en flores activas (Aparicio, 1999; Soria, 2008). Mengel *et al.* (2001) mencionan que los valores más altos de extracción de P se observan en la etapa de brotación vegetativa y reproductiva, ya que las hojas jóvenes contienen relativamente altas cantidades de P orgánico en forma de ácidos nucleicos y fosfolípidos que son acumulados y traslocados posteriormente a la parte reproductiva. El P desde el punto de vista fisiológico participa en los procesos enzimáticos, es parte esencial de muchos compuestos glucosforados que participan en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos, nucleótidos, membranas y es esencial en el metabolismo energético debido a su presencia en el ATP, ADP, etc. (Salisbury y Ross, 1994). La deficiencia retarda el crecimiento y produce coloración morada en el follaje de las plantas debido a que se acumula gran cantidades de azúcares en los tejidos, los que ocasionan un notable aumento de los pigmentos morados llamados antocianinas y en exceso se acumula como fosforo inorgánico en la corteza interna (Macías, 2008).

El Ca es absorbido en forma de catiónica  $Ca^{2+}$  por la plantas, tiene funciones en la división y crecimiento de la pared celular (Soria, 2008), así mismo en la formación de pectatos de Ca de la lámina media de la célula, intervine en la absorción de nutrimentos, forma ácidos orgánicos del interior de las células regulando la presión osmótica; interviene en la formación de lecitina y fosfolípidos importantes constituyentes de membrana celular y permeabilidad de membranas; actúan en la división mitótica de las células de meristemo (punto de crecimiento) y absorción de nitratos (Rodríguez, 1989). El Ca participa en el almacenamiento de azúcares en los frutos y mejora la firmeza de los mismo (Mengel *et al.*, 2001). La aplicación de Ca en flor de corte retardan la senescencia al dar estabilidad a las membranas celulares (Domínguez, 1989). Una deficiencia de Ca causa malformación y

muerte del meristemo (raíces, brotes, frutos, y nódulos) posiblemente debido a las fallas en el transporte por el floema y su inmovilidad en la planta (Macías, 2008).

El Mg es absorbido en forma  $Mg^{2+}$  y es elemento que influye en el cambio de la yema vegetativa a una yema floral (Soria, 2008), es un activador del sistema enzimático y la mayor parte se encuentra en la savia, con funciones en el metabolismo de fosfatos y respiración. Forma parte de la clorofila, responsable de la fotosíntesis. La mayor concentración en las plantas se encuentra en las partes nuevas. Las cantidades de Mg que son requeridas por las plantas son normalmente menores que las de K o Ca y son similares a las cantidades requeridas de P o S (Aparicio, 1999). La deficiencia se observa como clorosis intervenal en las hojas más viejas, pero puede llegar hasta afectar las hojas jóvenes (Macías, 2008).

Kofranek (1980) mostró que la calidad de flores y plantas producidas era óptima cuando las plantas se fertilizaban en el ciclo temprano en la etapa de crecimiento.

Un indicador de fertilización adecuada es la conductividad eléctrica (CE) del medio donde crecen los crisantemos. Los valores de CE deben oscilar entre 1.5 y 2  $dS\ m^{-1}$ . Valores por debajo de 1.5  $dS\ m^{-1}$  indican fertilización insuficiente; si es superior a 2.5  $dS\ m^{-1}$  significa que cantidades excesivas de fertilización han sido aplicadas (Arbos, 1992).

### **Fertilización del crisantemo**

En crisantemos a campo abierto y bajo condiciones de invernadero, es muy común que se aplique hasta 4500  $kg\ ha^{-1}$  de N (Nelson, 1985). Segura (2003) sugiere una fertilización de fondo con 300  $kg\ ha^{-1}$  de superfosfato de calcio triple, en la segunda semana con 180  $kg\ ha^{-1}$  de fosfonitrato, 4 semanas después 180  $kg\ ha^{-1}$  de fosfonitrato, 190  $kg\ ha^{-1}$  de superfosfato de calcio triple y 110  $kg\ ha^{-1}$  de nitrato de potasio.

### **Eficiencia de los macronutrientes**

Perdomo *et al.* (1998) reporta que la eficiencia de aprovechamiento de N obtenida depende del cultivo y del momento de aplicación del fertilizante, pero estos generalmente oscilan entre 50 y 70%, K(80%), P (10 y 40%), Ca (75%) y Mg (75%). Una parte no son

absorbidos y permanecen en el suelo en forma orgánica, en menor cantidad en forma mineral y el resto se pierde del sistema suelo y planta (Requejo, 2012).

### **Curva de crecimiento, desarrollo de plantas y extracción de macronutrientes**

Thompson (1982) menciona que la cantidad de N absorbido por día  $\text{kg}^{-1}$  de material vegetal es máxima cuando las plantas son jóvenes y declinan gradualmente con la edad.

Gonzales y Bertsch (1988) reporta que el K fue el nutrimento más demandado por las plantas de crisantemo con un valor máximo de  $1404.5 \text{ mg planta}^{-1}$ , seguido por el N ( $699.3 \text{ mg planta}^{-1}$ ), Ca ( $263.3 \text{ mg planta}^{-1}$ ), P ( $93.6 \text{ mg planta}^{-1}$ ) y Mg ( $55.6 \text{ mg planta}^{-1}$ ); de tal manera que la extracción de nutrimentos en orden decreciente fue:  $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{P} > \text{Mg}$ . Las épocas de máxima absorción se presentan en la etapa reproductiva partir 9 a 13 semanas, más del 50% del N, P y K se consume en la etapa reproductiva. La aparición de botón floral durante la semana 6 y 7, la planta de crisantemo había consumido, en promedio del total a absorber, aproximadamente un 35% de Mg, 30% del N, 25% de K y Ca, y apenas el 15% del P.

Dantas *et al.* (1975) en Brasil, encontraron que una planta de crisantemo del cultivar “Suzuki” extrajo 1600 mg de K, 269 mg de Ca, 231 mg de P, 23 mg de Mn, 14 mg de Zn y 0.79 mg de Cu en un periodo de 140 días.

En Estados Unidos, Boodley y Meyer (1966) determinaron la variación estacional de los elementos N, P, K, Ca y Mg en plantas de crisantemo y encontraron que estos tienen una alta demanda de N y K durante las primeras cuatro semanas de crecimiento, a partir de las cuales, los niveles de los nutrimentos permanecen relativamente constante. Los niveles máximos de N se mantuvieron entre 4 y 5%, mientras que los niveles de K entre 5 y 6% en peso seco.

En las hojas deberá haber un contenido adecuado de N (4.5-6%) para ser utilizado para las flores. En crisantemo cultivar Albatros, en los primeros 80 días las plantas crecen rápidamente y hay grandes requerimientos de N, y durante los últimos 20 días solamente la

inflorescencia crece rápidamente y los nutrientes se transportan desde las hojas (Kofranek, 1980).

De acuerdo con Pineda *et al.* (2008) el K fue el nutriente más demandado por las plantas de frambueso con un valor máximo de 27.74 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por el Ca (14.28 kg ha<sup>-1</sup>), N (6.07 kg ha<sup>-1</sup>), Mg (5.46 kg ha<sup>-1</sup>) y P (5.36 kg ha<sup>-1</sup>); de tal manera que la extracción de nutrientes en orden decreciente fue: K>Ca>P>N>Mg. La mayor extracción de N se presentó durante la etapa de brotación vegetativa en frambueso rojo cv Malling Autumn Bliss, específicamente entre los 19-32 DDB la extracción se incrementó de 29 a 43.6% del N total acumulado. Después disminuyó la absorción para luego incrementarse en la etapa de desarrollo de frutos y cosecha extrayendo hasta cerca del 25% del N total. La extracción en el cultivo de frambueso rojo, valores más altos de extracción de Mg se presentaron en la etapa de brotación vegetativa y en el desarrollo de frutos y la cosecha. La mayor absorción de Mg en la etapa de brotación vegetativa podría atribuirse a que en esta etapa de desarrollo en las hojas se sintetiza gran cantidad de clorofila, siendo el Mg el centro de esta molécula (Marschner, 1995). Las máximas extracciones de Ca realizadas por las plantas de frambueso ocurrieron en las etapas de brotación vegetativa, desarrollo de frutos y cosecha. Salazar (2002) señala que gran parte del Ca absorbido por el frutal de aguacate es usado para el crecimiento de los brotes vegetativos y la raíz.

Molina *et al.* (1993) mencionan que las curvas de absorción en fresa cv Chandler demostraron que la absorción de nutrientes durante las primeras nueve semanas de establecida la plantación es muy baja, luego se incrementa la absorción de los diferentes elementos encontrándose que los valores máximos de absorción ocurren en las semanas 18, 23 y 28 etapas que coinciden con las etapas de mayor producción de frutos y alcanzando su máxima formación de hojas, longitud de raíz y altura de la planta al finalizar la etapa vegetativa.

Bertsch y Ramírez (1993) mencionan que en melón, las etapas de máxima absorción, y por lo tanto las etapas de mayor necesidad de nutrientes, son la de emisión de guías 22-33 días después de la siembra (DDS) y la de llenado de frutos (46-54 DDS). Hasta los 33 días el cultivo ha consumido el 50% de N y K, indicando que hasta ese se deben haber aplicado cantidades equivalentes de estos nutrientes.

Bertsch y Ramírez (1993) reportan que en sandía, las épocas de máxima absorción coinciden con la emisión de guías e inicio de floración (33-40 DDS) y después del pico de floración e inicio de llenado de frutos. El 60% del N se consume antes de los 40 DDS, el P sufre una absorción más gradual, mientras que el K sólo ha consumido un 35% del total a los 40 DDS.

Vargas (2013) reporta que los cultivos de clavel var Nelson y Dakota, que el N es extraído a 3700 mg planta<sup>-1</sup>, seguido por el P (252.03 mg planta<sup>-1</sup>), K (238.80 mg planta<sup>-1</sup>), el periodo de máxima absorción se manifiesta en la etapa reproductiva (147-208 días después de trasplante) y sin embargo alcanzando la máxima formación de hojas, altura y longitud de la raíz al finalizar la etapa vegetativa.

Álvaro y Moreira (2005) mencionan que el K fue el nutrimento más demandado por las plantas de chile dulce cv UCR 589 con un valor máximo de 8.66 gplanta<sup>-1</sup>, seguido por el N (6.9 g planta<sup>-1</sup>), P (1.23 g planta<sup>-1</sup>), Ca (1.12 g planta<sup>-1</sup>) y Mg (0.619 g planta<sup>-1</sup>); en el periodo entre 96 y 124 días después de trasplante, las plantas absorbieron el 79, 74, 73, 63 y 50 % del K, Ca, Mg, N y P.

Rincón *et al.* (2001) reportan que el cultivo de coliflor permite obtener elevadas cantidades de materia seca y peso fresco por planta, debido al gran desarrollo vegetativo, donde las hojas almacenan cantidades superiores al 60% del total de nutrientes absorbidos, contribuyendo los frutos con el 35%. De la materia seca, más del 50% se sintetiza durante el periodo de mayor crecimiento de fruto (FGR). Durante el ciclo, la concentración foliar más elevada de N se produce entre los 20-30 días después de trasplante (DDT), en P entre los 60-80 DDT y en K al inicio de la inflorescencia. La mayor velocidad de absorción de nutrientes se da en el periodo de mayor crecimiento vegetativo del cultivo.

Rincón *et al.* (1999) reportan que en brócoli, la mayor concentración de macronutrientes se encuentra en las hojas y tallos. La velocidad de absorción de N, P, K, Ca y Mg, fue máxima en el período de formación de etapa reproductiva (53-73 días después del trasplante). Sin embargo el diámetro de la inflorescencia se alcanzó 15 días antes de la cosecha, es decir, en la etapa reproductiva del cultivo.

En el cultivo de tomate Híbrido HA 3019, la acumulación de biomasa, peso fresco y la extracción de macronutrientes en todos los órganos de la planta tendieron a aumentar con la edad del cultivo. La mayor producción de masa y consumo de N, P, K, Ca y Mg se cuantificó al final del periodo de plena producción. Llegó a extraer hasta 22.60 g·m<sup>2</sup> de N, 3.46 g·m<sup>2</sup> de P, 43.18 g·m<sup>2</sup> de K, 11.64 g·m<sup>2</sup> de Ca y 3.35 g·m<sup>2</sup> de Mg, producir 83.34 t·ha<sup>1</sup> (Hernández *et al.*, 2011).

La absorción de nutrientes en rosa fue diferencial ya que el N, P, Ca, Fe y B se absorbe progresivamente hasta el día de corte, 92 días después de corte (DDP) mientras que el Ca, K, Mg, Mn y Zn se absorben hasta el segundo tercio del ciclo productivo (64 DDP) (Padilla, 2007).

El crecimiento de la papa variedad 'Asterix' tardó en crecer hasta 42 días después de siembra (DAP) y se observó la mayor tasa de acumulación de materia seca entre 51 y 90 DAP. El ciclo de las plantas fue de 97 días y de la productividad total de 44 t·ha<sup>-1</sup>. El total de macronutrientes acumulados por las plantas hasta 90 DAP fueron de 369.3, 184.0, 42.7, 18.0, 16.2, y 13.8 kg·ha<sup>-1</sup> de K, N, Ca, P, Mg, y S (Mendoza, *et al.*, 2013).

Pérez *et al.* (2001) reportan que el apio, la mayor concentración total de materia seca producida se presenta: peciolo 65.6%, hojas 25.7%, y tallos 8.7%. La mayor asimilación se presentó en la fase inicial de crecimiento vegetativo (0-30 días después de trasplante), donde el N, K y P absorbidos se acumularon en los peciolo, y el Ca y Mg en las hojas.

Bianca y Bertsch (2012) mencionan que el cultivo de lirio el 60% del total de absorbido de N, P y K ocurrió al final del periodo de la vida de la planta (12-14 semanas después de trasplante). El K es el nutrimento más absorbido, seguido por el N, Ca, P, Mg y S. Además su máxima altura y longitud de raíz lo alcanzó al finalizar la etapa vegetativa.

La concentración de nutrientes en la planta de banano se presentó a las 4 semanas después de la inflorescencia (SDEI); en esta etapa, el K se incrementó hasta en un 170%, y el Ca en un 120%. Todos los elementos tienen a disminuir en las siguientes semanas, la magnitud de

la disminución dependió del tipo de elemento el N disminuyo 53%, el P50% (Castillo *et al.*, 2011)

### III. MATERIALES Y METODOS

#### Localización

La presente investigación se realizó en un invernadero de cristal en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, (latitud Norte 25° 23', longitud Oeste 101° y 1743 msnm), en el periodo del 28 de julio al 15 de octubre 2012. La temperatura máxima durante esta etapa fue de 27.6 °C, la temperatura mínima de 14.3 °C y la temperatura media 22.9 °C.

#### Material vegetativo

El material vegetativo consistió en esquejes enraizados de crisantemos (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White de aproximadamente 8 cm de longitud de tallo, con tres hojas formadas y 3 cm de longitud de la raíz (Figura 1). Este cultivar pertenece al grupo de respuesta de 9 semanas a floración, tiene un fotoperiodo crítico de 14 horas, para iniciación y desarrollo de yema floral, y fueron adquiridos en invernaderos comerciales de la ciudad de Texcoco, Estado de México.



Figura 1. Esquejes de crisantemo empleados en el estudio.

## **Manejo de las plantas**

Se estableció la plantación en 28 contenedores colocados en una cama. El contenedor tenía una capacidad de 10 L y las dimensiones de la cama fue de 4 m de largo por 1.5 m de ancho y elevada a 80 cm de altura.

### **Sustrato**

Se realizó la mezcla de sustrato con relación de 4:1 con turba-perlita. Antes del trasplante de los esquejes, se realizó la mezcla y el ajuste de pH 6 con Bicarbonato de Sodio (5 g por litro de sustrato).

### **Trasplante**

El 28 de julio de 2012 se realizó el trasplante en forma manual, evitando durante el proceso que las raíces quedaran descubiertas y el cuello de tallo quedar profunda, colocando los esquejes a 10 cm entre plantas y con un marco de plantación de tres bolillo (3 esquejes por maceta).

### **Tutoreo**

Es una práctica importante ya que el crisantemo es afectado por acame. El sistema de soporte para cada planta consistió en tutores de barretas de 60-70 cm de largo confeccionado con hilo.

### **Fertirriego.**

Los riegos se suministraban cada 3 ó 4 días a las 12:00 h. El riego se aplicó de forma manual con 1 a 2 L por contenedor, de acuerdo a las necesidades de la plantas. La fertilización se aplicó en forma de solución nutritiva y los micronutriente (poliquel multi a dosis de 0.3 ml L) se aplicaron mediante fertilización foliar. La solución nutritiva se preparó con nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de magnesio y ácido fosfórico, y tenía una conductividad eléctrica (CE) de  $3.1 \text{ dS m}^{-1}$  y el pH de 6.1 con valores obtenidos del lixiviado del suelo y la fertilizante poliquel multi compuesto de Mn, Zn, Fe, Mg y S.

La dosis de fertilización dependía del lixiviado del suelo; cuando el lixiviado mostrase una disminución en la CE la concentración de la solución nutritiva se incrementaba en un 25% o 50%, con el objetivo de mantenerla en el nivel inicial (Cuadro 1). La medición de pH y CE de la solución de suelo se midió en todas las fertilizaciones de las plantas, se midieron con equipos potenciómetro y conductivímetro, en el laboratorio. Para el muestreo de los lixiviados se fertirregaba una hora antes para mantener el sustrato bien saturado. Después de una hora de fertilizar se realiza la colecta del lixiviado mediante el siguiente procedimiento: a) colocar un contenedor debajo de la maceta para colectar la solución lixiviada. b) aplicar agua destilada de 50-75 ml para obtener lo suficiente de solución lixiviado (50 ml). c) colectar el lixiviado en un frasco limpio y desinfectado, para llevarlos a laboratorio d) calibrar los equipos de medición de pH y CE. e) medir pH y conductividad eléctrica, tomando notas de los datos.

Cuadro 1. Composición de la solución nutritiva en crisantemo (ppm).

Nutrientes	Concentración original +.		
	0% (ppm)	25 % (ppm)	50 % (ppm)
Ca	127.50	159.38	191.00
N	195.00	124.75	293.00
K	292.50	365.63	439.00
P	31.00	38.75	47.00
Mg	25.00	31.25	38.00

### **Días largos**

Durante los 25 días posteriores al trasplante, se proporcionó iluminación nocturna a partir de 22:00 a 2:00 horas con focos de luz incandescente de 100 watts, colocada a una altura de 1,5 m y separado de 1.5 m, para estimular el crecimiento vegetativo, los días largos se quitaron cuando la planta alcanzó una altura promedio de 20 cm.

### **Días cortos artificiales**

Después de estos 25 días se colocó plástico negro durante 9 semanas a partir de 18:00 a 8.00 horas, para aplicar condiciones de noche larga hasta el final del experimento, para favorecer la uniformidad, inducción y desarrollo de botón floral.

### **Podas**

A los 33, 40 y 49 días después del trasplante, se hizo un desyeme de brotes para evitar ramificación. El cv Indianápolis White se maneja como estándar por tanto se conduce a un tallo y una flor por planta. A los 51 días se eliminan los botones florales secundarios (desbotone) que acompañan al central, con el propósito de lograr un mayor desarrollo floral del botón terminal.

### **Aplicación de pesticidas**

La aplicación de preventivos de pesticidas, se realizaba cada 8 días intercalando productos como Benlate, Tecto, Confidor, Endusulfan e Imidacron, la aplicación se realizaba en las tardes a las 18:00 h, cuando la temperatura es menor, para evitar intoxicación de plantas.

### **Cosecha**

La cosecha de la flor se realizó a los 79 días después de trasplante, definiendo en forma visual el punto de corte cuando solo faltaba en abrir de 3 a 4 anillos centrales de flores tubulares.

### **Muestreo de plantas**

El estudio consistió de 28 contenedores con 3 plantas cada uno. Se tomó una muestra de cada 14 días de todas las plantas de 4 contenedores, considerando a cada contenedor como una repetición. Al momento de la toma de muestras en el invernadero, las plantas se extrajeron completamente, se lavaron las raíces con agua para eliminar el sustrato, evitando perder la raíz, y así fueron llevadas a laboratorio para determinar: la altura de las plantas, longitud de las raíces, peso fresco y diámetro de la flor; así también desinfectar las plantas

utilizando guantes látex y agua destilada, para determinar materia seca y la concentración de macronutrientes.

Para determinar la biomasa en raíz, tallo, hoja y botón floral se deshidrató la planta en una estufa a una temperatura de 70 °C por un periodo de 48 horas, colocando la planta en una bolsa de papel previamente pesada; una vez deshidratada la planta se prosiguió a pesarlas. Para ello, las plantas se dividieron separando sus órganos: raíz, tallo, hoja y flor; también se tuvieron que moler en un molino con aspa de acero inoxidable y guardadas en bolsas de papel.

Los muestreos se realizaron desde el día de trasplante, 14, 28, 42, 56, 69 y 79 días después de trasplante.

### **Determinación de macronutrientes**

En cada muestreo se extrajeron las plantas completas y se llevaron al laboratorio donde se fraccionaron en sus diferentes órganos (raíz, tallo, hojas y botón floral). En cada órgano se determinó la concentración nutrimental y producción de materia seca, para medir la concentración de macronutrientes N, P, K, Ca y Mg en el tejido vegetal.

La determinación de N se hizo por el método microKjeldahl, el P por colorimetría molibdovanadato amarillo, K por flamometría con un fotómetro de flama Corning 400, Ca y Mg se midieron por espectrofotometría de absorción atómica con un espectrofotómetro Pye Unicam SP9 de Phillips.

### **Análisis estadístico**

Los resultados se analizaron mediante un modelo, Sigmoidal con tres Parámetros, la

ecuación es:  $Y = \frac{a}{1 + e^{-\frac{x-x_0}{b}}}$ .

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros de crecimiento y desarrollo de las plantas de crisantemo

#### Altura de las plantas

En la Figura 2 se observa que el crisantemo, alcanzó 68.79 cm de altura. Al finalizar el crecimiento vegetativo (hasta a 42 DDT) se alcanzó el 59.61% de la altura total, pero conforme avanzó el desarrollo de la planta se fue incrementando hasta el máximo de la etapa de desarrollo del botón y cosecha. Estos resultados son similares a los obtenidos por Bianca y Bertsch (2012) en el cultivo de lirio, y Vargas (2013) en la planta de clavel var Nelson y Dakota.

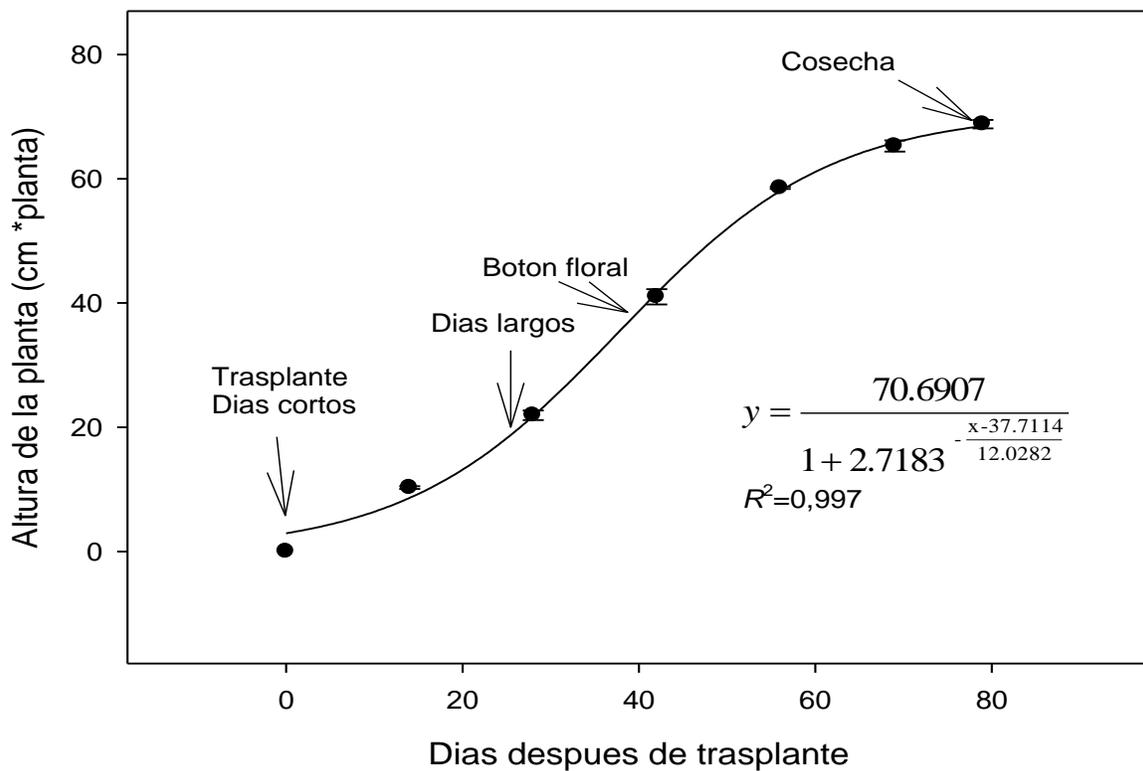


Figura 2. Altura de la planta de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).

### Longitud de las raíces

La Figura 3 se muestra que al terminar el crecimiento vegetativo, la raíz alcanzó su máximo longitud en 67.2% de la longitud total, pero conforme avanzó el desarrollo de la planta se fue incrementando hasta el máximo en la etapa de desarrollo del botón y cosecha. Estos resultados son similares a los obtenidos por Bianca y Bertsch (2012) en el cultivo de lirio, y Vargas (2013) en la planta de clavel var Nelson y Dakota.

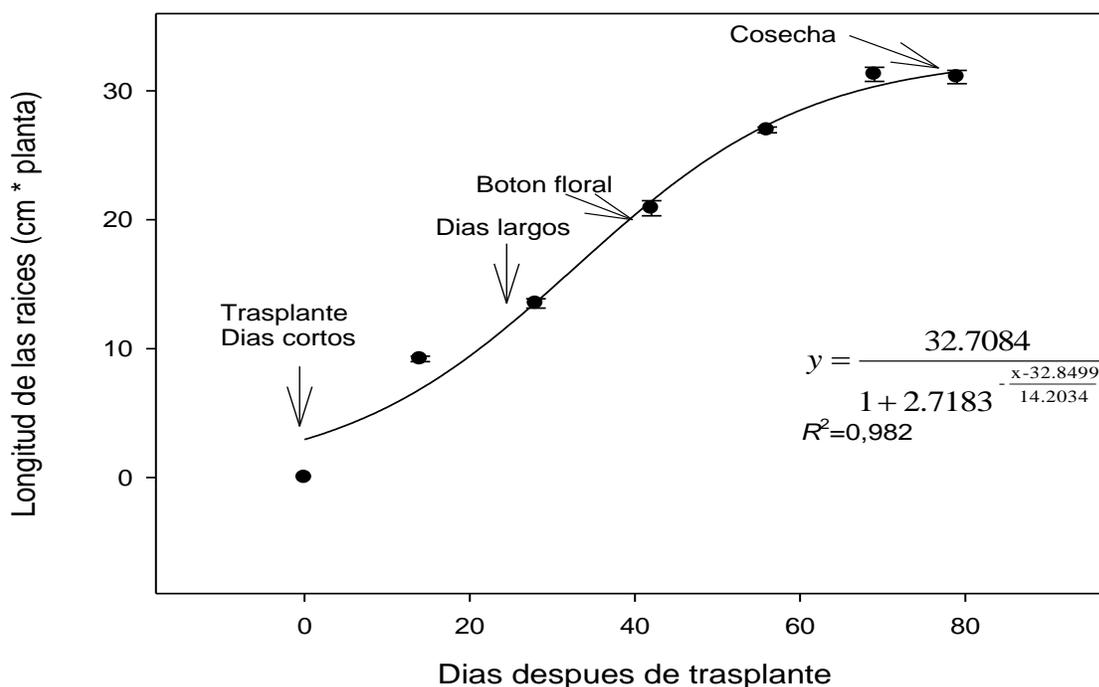


Figura 3. Longitud de raíz de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).

### Numero de hojas

En la Figura 4 se observa la formación hojas. Al finalizar crecimiento vegetativo es cuando alcanzó a formar 83.72% de las hojas totales de la planta, conforme que avanzó el desarrollo se fue incrementando hasta su máximo en la etapa de desarrollo del botón y cosecha. Estos resultados son similares a los obtenidos por Molina *et al.* (1993) en el cultivo de fresa cv Chandler, y por Vargas (2013) en plantas de clavel var Nelson y Dakota.

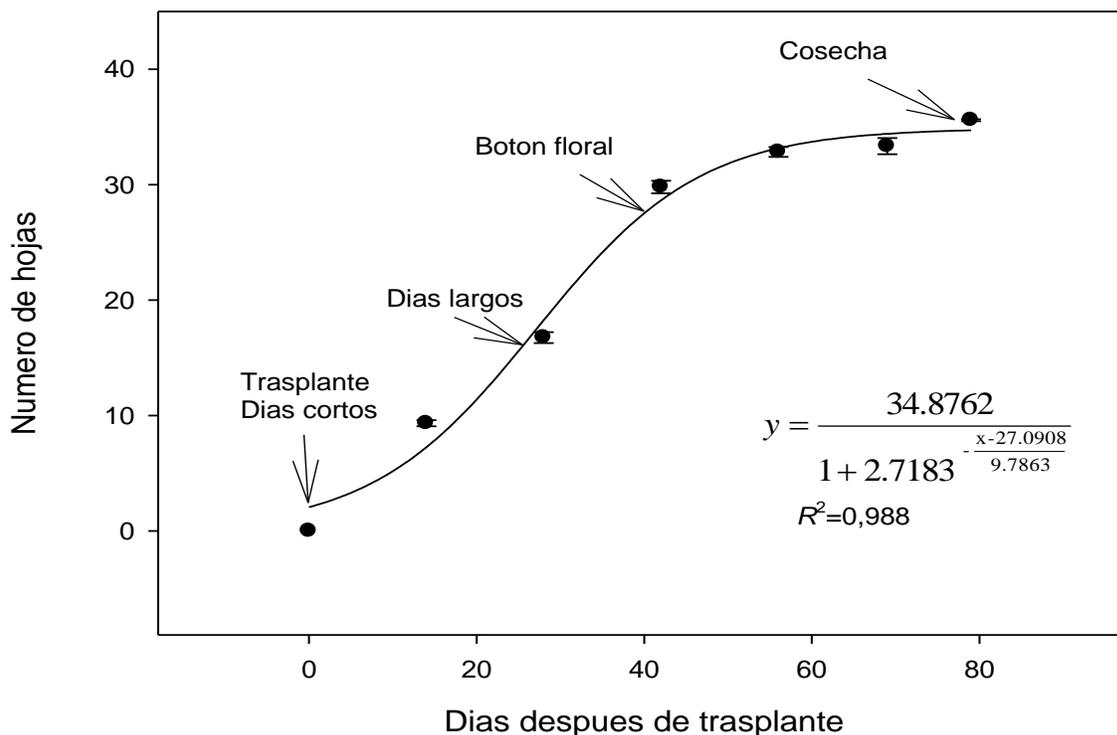


Figura 4. Numero de hojas en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).

### Diámetro de la flor

En el Cuadro 2 se observa el incremento en diámetro polar y ecuatorial de las flores. La flor alcanzó su máximo tamaño a los 79 días después de trasplante. Estos resultados son similares a los obtenidos por Rincón *et al.* (1999) en el cultivo de brócoli.

Cuadro 2. Diámetro de la flor en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

Días Después	Diámetro Ecuatorial (cm boton <sup>-1</sup> )	Diámetro Polar (cm boton <sup>-1</sup> )
69	4.8±2.0	3.0±0.1
79	14.8±0.4	5.1±0.2

### **Peso Fresco**

En el Cuadro 3 y Figura 5 se observa que el crisantemo, acumuló 119.4 g de peso fresco. Al comenzar el crecimiento vegetativo, el contenido de peso fresco era bajo, pero conforme avanzó el desarrollo de la planta se fue incrementando hasta a un máximo de la etapa de desarrollo del botón y cosecha.

Las hojas presentaron los valores más altos de acumulación de peso fresco (41.12%), seguida por la inflorescencia (26.16%), la raíz (18.35%) y finalmente el tallo (14.29%). En general la mayor acumulación de peso fresco se presentó después de los 42 DDT. Estos resultados son similares a los obtenidos por Hernández *et al.* (2011) en tomate Híbrido 3019.

Cuadro 3. Peso fresco en los diferentes órganos en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

Días después de trasplante	Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Total
	Peso fresco g planta <sup>-1</sup>				
0	0.45±0.01	0.70±0.03	1.02±0.01	0.00±0.00	2.2±0.1
14	0.69±0.01	1.00±0.03	1.19±0.03	0.00±0.00	2.9±0.1
28	1.87±0.17	2.61±0.21	4.93±0.54	0.00±0.00	9.4±0.9
42	7.20±0.39	9.09±0.46	19.74±1.12	0.00±0.00	36.0±1.9
56	9.02±0.22	15.67±0.23	29.34±0.89	0.00±0.00	54.0±1.1
69	16.33±0.06	16.53±0.20	36.50±0.76	8.51±0.34	77.9±0.7
79	21.91±0.93	17.06±0.42	49.17±0.96	31.22±2.03	119.4±6.3

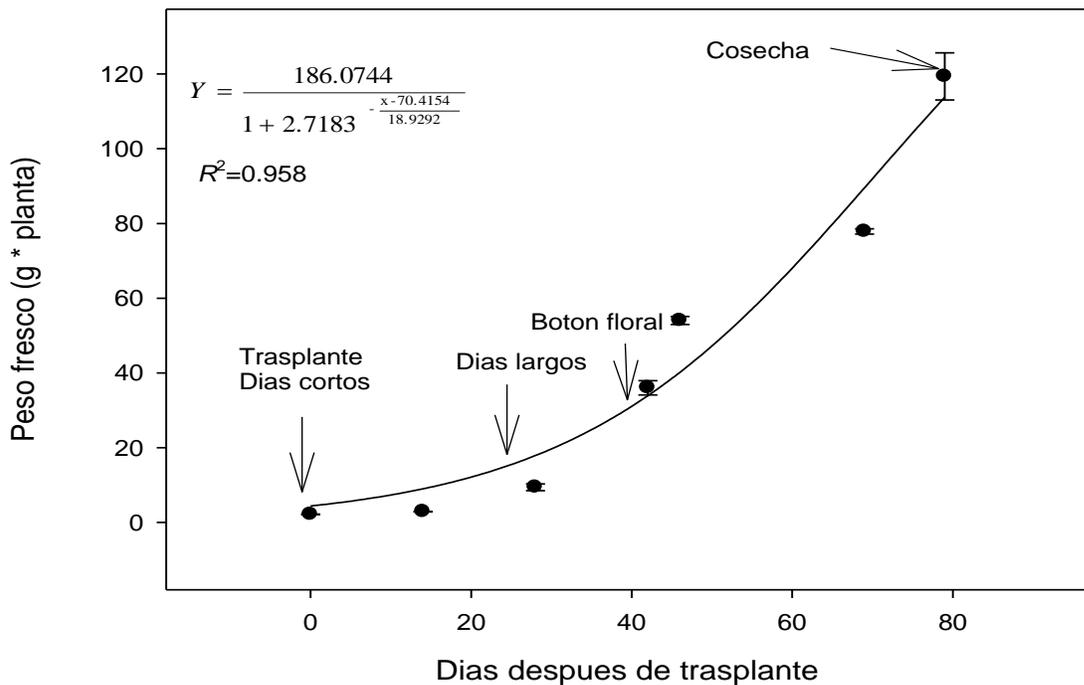


Figura 5. Peso fresco total en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).

### **Producción de Biomasa**

En el Cuadro 4 y Figura 6 se observa que el crisantemo, acumuló 14,732.5 mg de materia seca. Al comenzar el crecimiento vegetativo, el contenido de materia seca era bajo, pero conforme avanzó el desarrollo de la planta se fue incrementando hasta a un máximo de la etapa de desarrollo del botón y cosecha.

Las hojas presentaron los valores más altos de acumulación de materia seca (36%), seguida por la inflorescencia (27%), el tallo (23%) y finalmente la raíz (13%). En general la mayor acumulación de materia seca se presentó después de los 42 DDT pues en los últimos 37 días las plantas acumularon un 78 % de la biomasa total que alcanzaría al finalizar el estudio. Estos resultados son similares a los obtenidos por Hernández *et al.* (2011) en tomate Híbrido 3019.

Cuadro 4. Producción de biomasa en los diferentes órganos en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

Días después de trasplante	Peso seco mg planta <sup>-1</sup>				
	Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Total
0	29.4± 0.6	69.4±4.2	53.8±4.4	0.0±0.0	152.5±86
14	47.5±2.1	80.8±1.4	135.0±2.0	0.0±0.0	263.3±2.6
28	118.8±9.0	245.8±19.3	504.6±49.3	0.0±0.0	869.2±77.4
42	430.0±22.9	980.0±62.3	1,910.8±125.4	0.0±0.0	3,320.8±208.1
56	758.8±17.4	2,205.82±29.1	2,967.9±89.2	0.0±0.0	5,932.5±127.5
69	1,566.7±25.3	3,077.5±35.4	4,118.3±129.2	1,108.3±54.9	9,870.8±159.4
79	1,853.3±69.4	3,511.7±82.8	5,365.0±152.6	4,002.5±496.7	14,732.5±1385.6

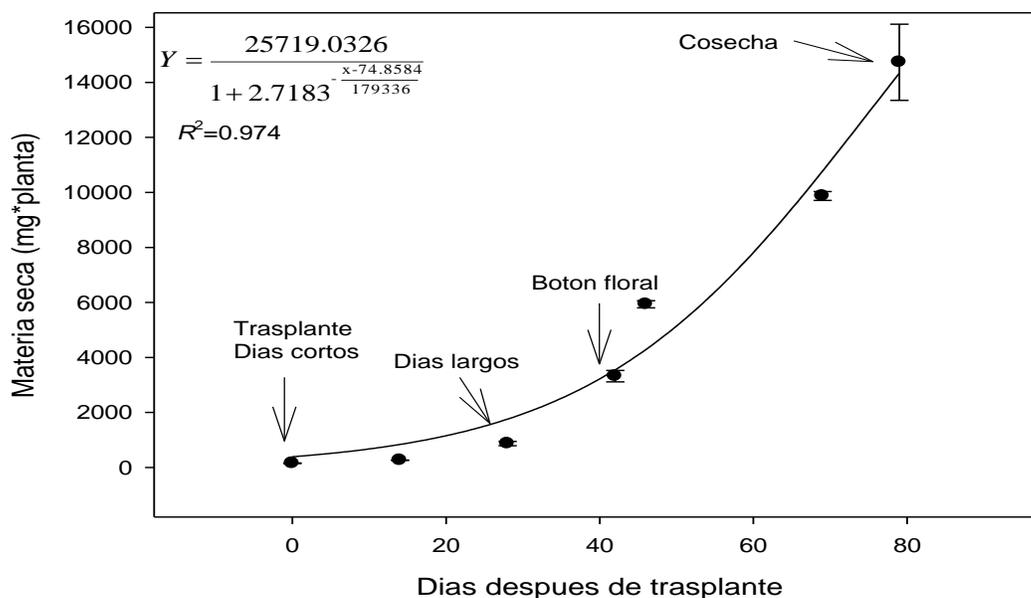


Figura 6. Productividad de biomasa en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).

## Concentración y extracción nutrimental

En el Cuadro 5 se muestra que a los 14 DDT se presenta una disminución en la concentración de N, lo que sugiere un efecto de dilución en los tejidos debido al rápido crecimiento inicial, especialmente de las hojas ya que durante este lapso de tiempo el peso de estas aumentan en un 150% mientras que el de la raíz aumento un 61%. Posteriormente, a los 28 y 42 DDT, la concentración de N se restablece a niveles similares al que tenían las plantas al momento del trasplante, sugiriendo una activa absorción de este nutrimento. En los últimos tres muestreos se vuelve a presentar una reducción en la concentración de N, probablemente asociado con la acumulación de biomasa.

La concentración de K tendió a aumentar desde el momento del trasplante hasta a los 56 DDT, posteriormente tiende a disminuir hasta el momento de cosecha. Por otro lado, la concentración P tiende a aumentar desde el día del trasplante hasta alcanzar al momento de la cosecha, sugiriendo que el crisantemo esta activamente absorbiendo este nutrimento durante todo su ciclo de crecimiento. El Ca y Mg mostraron una respuesta similar y que contrasta con los elementos anteriores, puesto que se presentó una importante disminución, en las plantas desde el día del trasplante hasta a los 69 DDT, detectándose una ligera recuperación después de este muestreo y hasta el día de la cosecha. Estos resultados son similares a los obtenidos por Castillo *et al.* (2011) en el cultivo de banano.

Cuadro 5. Concentración total de macronutrientes por planta en (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

Días después de trasplante	N	K	P	Ca	Mg
	%	mg kg <sup>-1</sup> de biomasa			
0	2.22±0.09	8994.14±343.74	4171.25±238.72	4077.49±170.02	4745.24±61.85
14	1.68±0.16	10085.75±227.44	4510.98±82.75	4126.66±30.36	4625.22±51.63
28	2.26±0.14	13018.97±1123.04	4565.54±263.43	3536.71±158.77	4269.03±183.44
42	2.21±0.03	16312.97±739.41	5685.44±110.37	3243.55±161.95	3551.02±230.39
56	1.96±0.13	16660.43±813.27	5877.16±123.11	3428.38±49.64	3576.30±99.29
69	2.03±0.14	14008.44±219.57	6123.41±200.25	3198.87±74.89	3037.48±49.47
79	1.92±0.02	13620.76±319.35	6454.85±195.22	3475.86±35.36	3163.56±59.30

En el Cuadro 6 se observa que la extracción de N, P, K, Ca y Mg fue paralela a la acumulación de la materia seca. Estos resultados son similares a los obtenidos por Pineda (2008) en frambueso rojo cv Malling Autumn Bliss, los reportados por Molina *et al.* (1993) en fresa cv Chandler, y por Hernández *et al.* (2011) en tomate Híbrido 3019, en las que se reporta la absorción de nutrimentos fue proporcional a la materia seca acumulada por la planta.

El N y K son los nutrimentos más demandados por los crisantemos con una extracción de nutrimentos en orden N >K>P>Ca>Mg (Cuadro 4). Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Gonzales y Bertsch (1988), y Woodson y Boodley (1983) en cuanto a que el N y K son los nutrientes más absorbidos por crisantemo. El K es un nutrimento que se extrae en grandes cantidades por árboles frutales y hortalizas, saliendo del sistema ya que se cosecha la fruta (Bertsch, 2003, Salazar, 2002).

Según Soria (2008) el K es el estimulador de la formación azúcares, por la capacidad para activar determinadas proteínas en el metabolismo, favoreciendo la síntesis de proteínas y aumenta la actividad de enzimas; los carbohidratos deben reducirse para ser aprovechados en el proceso la formación de flores. Su función es mantener la turgencia y el equilibrio osmótico de las células (Epstein y Bloom, 2005; Wiendehoeft, 2006).

En el Cuadro 6 se observa el tercer elemento más extraído por la planta de crisantemo fue P porque este elemento influye fuertemente en la floración, activando la absorción de Mg. En los periodos de inducción floral, yemas vegetativas que se van a transformar en flores activas, por ello el P se mueve a hacia esos puntos (Soria, 2008).

Cuadro 6. Extracción (por periodo de 15 días) de N, P, K, Ca y Mg en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White, según el modelo estimado

$Y = \frac{a}{1+e^{-\frac{x-x_0}{b}}}$  para el respectivo nutrimento.

Días después de trasplante	N	K	P	Ca	Mg
mg planta <sup>-1</sup> periodo <sup>-1</sup>					
0-16	7.8	6.1	2.0	1.3	1.5
17-32	19.4	15.3	5.1	3.0	3.3
33-48	45.2	35.0	12.6	6.8	7.0
49-64	90.2	65.1	28.4	14.5	13.6
65-79	126.1	80.1	49.6	26.3	21.4
Total	288.8	201.6	97.7	51.9	46.7

### **Dinámica de la extracción nutrimental**

En la Figura 7 y 8 se observa que al comenzar el crecimiento de vegetativo, la absorción de N era baja, pero conforme avanzó el desarrollo de la planta se fue incrementando hasta un máximo a partir de la etapa de desarrollo del botón y hasta cosecha, en la cual se absorbe el 75% del N total absorbido por la planta en todo el ciclo del cultivo en los 30 días finales

En la Figura 9 se observa que la mayor parte del N absorbido se acumula en las hojas y tallos (82.25%), seguida por la raíz (9.01%) y finalmente la inflorescencia (8.74%). En general la mayor extracción de N se presentó después de los 42 DDT pues en menos de 37 días las plantas extrajeron un 85.21 % del N total que alcanzaría al finalizar el estudio. Nuestros resultados coinciden con los reportes que se señala que las hojas, peciolo y tallos son los órganos en donde el N es acumulado y a partir de aquí es trasladado para sostener el desarrollo de las inflorescencias (Woodson y Boodley, 1983). Se ha reportado asimismo que la absorción de N hasta las últimas semanas es muy importante, a partir quinta semana el N es enviado al botón para su desarrollo y la madurez de la planta (Aparicio, 1999) en el cultivo de crisantemo.

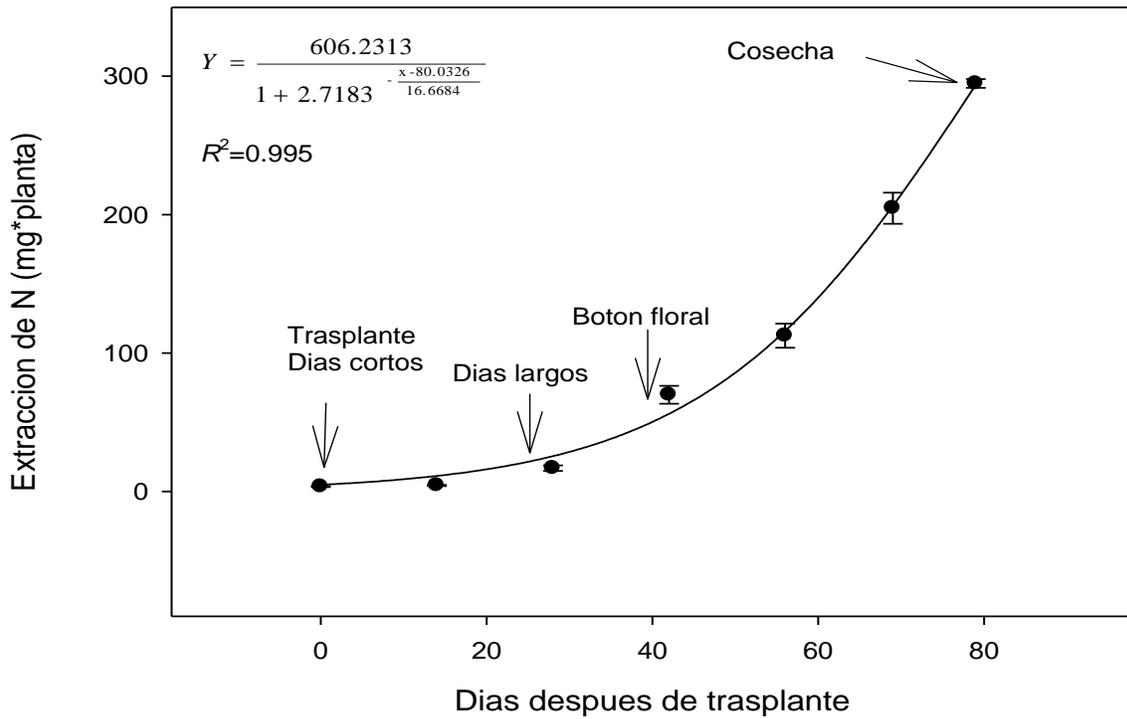


Figura 7. Extracción total de Nitrógeno (N) en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White. Las barras indican el error estándar de la media (n=3).

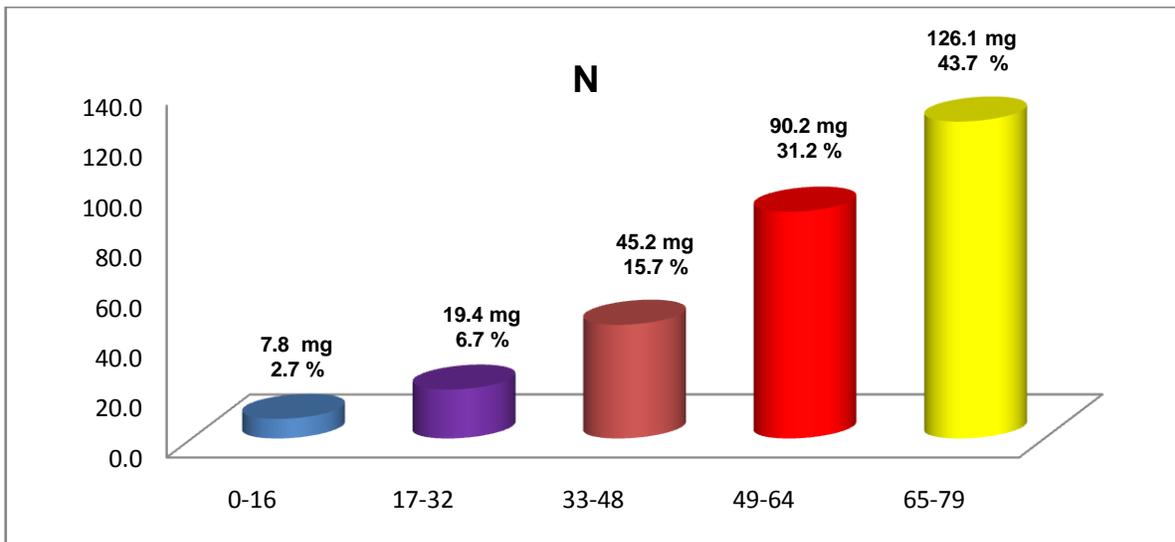


Figura 8. Extracción relativa de Nitrógeno (N) del total absorbido en el ciclo de cultivo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

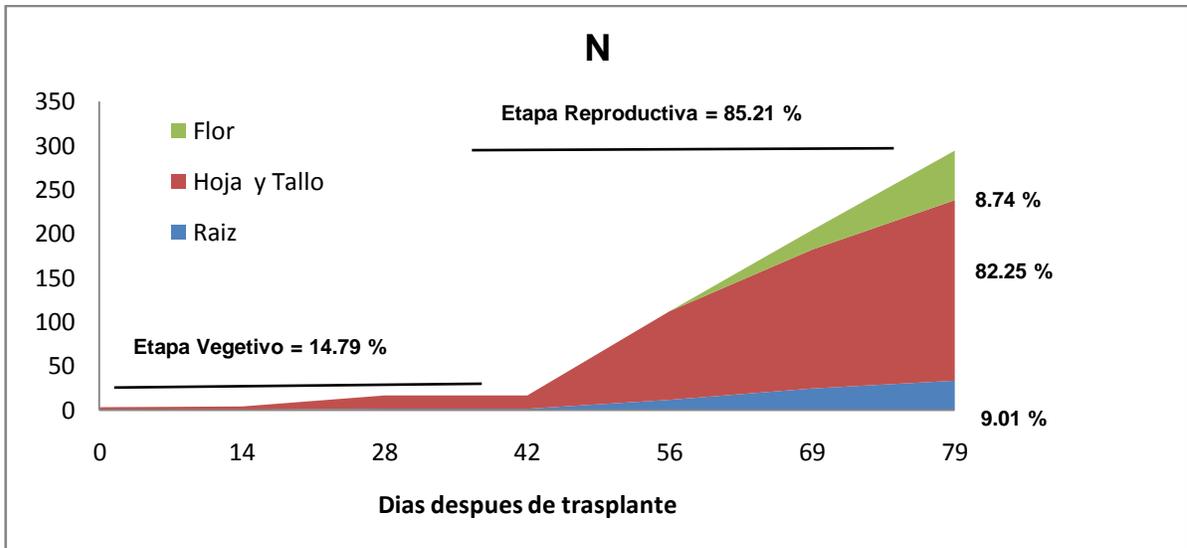


Figura 9. Extracción, acumulación y distribución final del Nitrógeno (N) por órgano en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

En la Figura 10 y 11 se observa la dinámica de la extracción de K. La extracción de este nutrimento fue baja durante el crecimiento vegetativo, pero conforme avanzó el desarrollo de la planta se fue incrementando hasta a un máximo de la etapa reproductiva.

En la Figura 12 se observa que las hojas y tallos presentaron la mayor acumulación de K (82%), seguida por la raíz (9.6%) y finalmente la inflorescencia (8.4%). En general la mayor acumulación de K se presentó después de los 42 DDT pues en menos de 37 días las plantas extrajeron un 83.34% de la K total que alcanzaría al finalizar el estudio. Los resultados obtenidos resaltan por que la principal función de K es mantener la turgencia física coloidal en el plasma vegetal, lo cual es imprescindible en el metabolismo de la planta (Aparicio, 1999). El K por su alta concentración en la célula, se desempeña como el mayor osmolito que permite el mantenimiento de la turgencia y el equilibrio osmótico de las células (Epstein y Bloom, 2005; Wiendehoeft, 2006), así como la expansión celular.

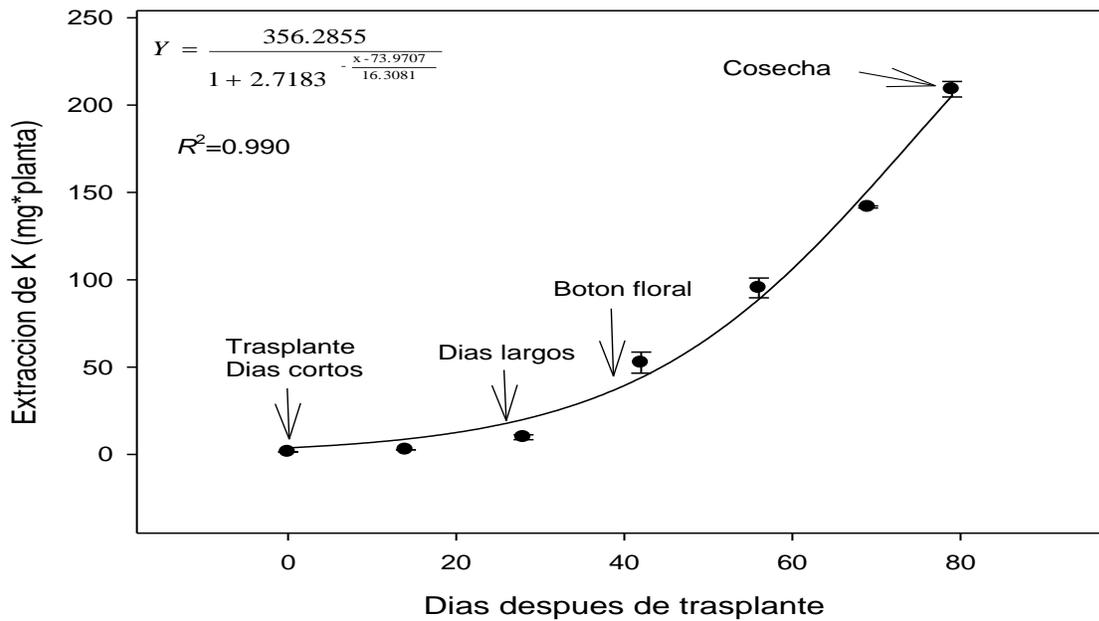


Figura 10. Extracción total de Potasio (K) en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White. Las barras indican el error estándar de la media (n=3).

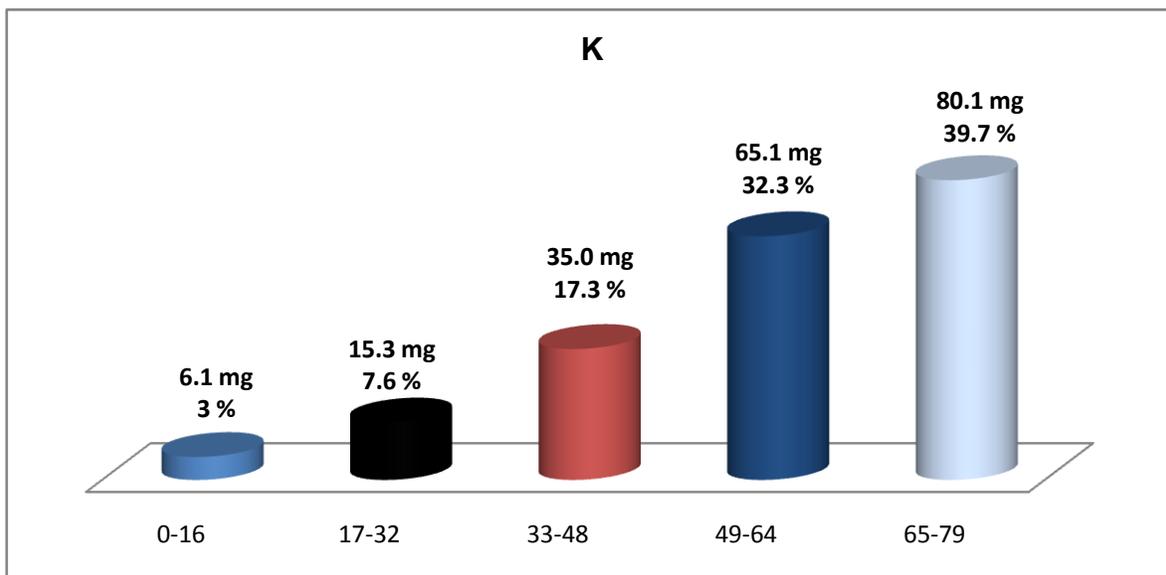


Figura 11. Extracción relativa de Potasio (K) del total absorbido en el ciclo de cultivo en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

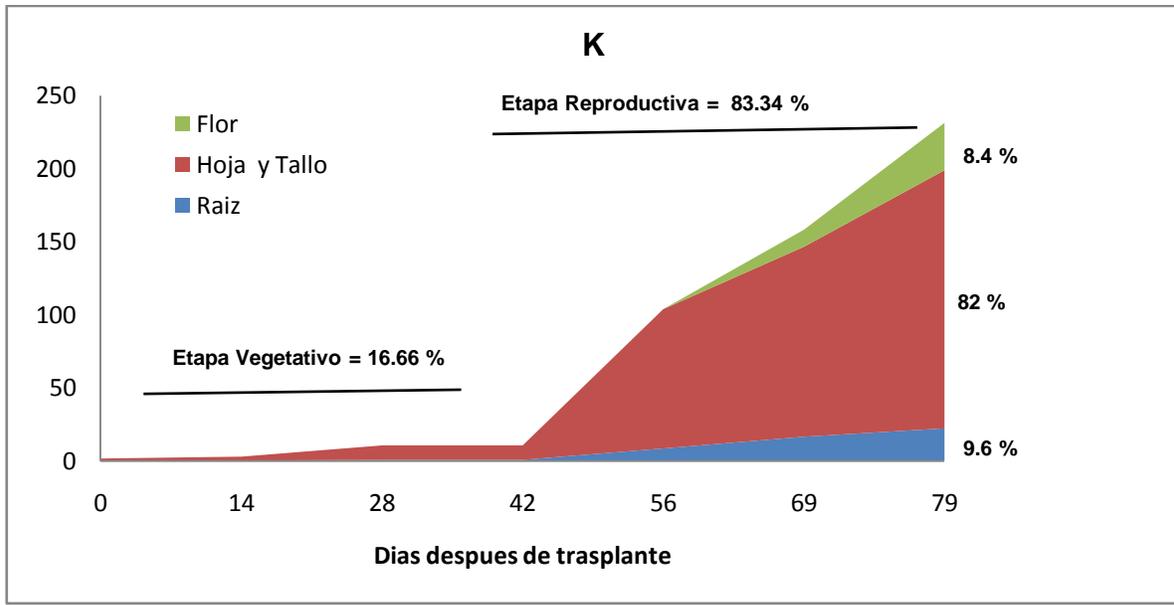


Figura 12. Extracción, acumulación y distribución final del Potasio (K) por órgano en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

La Figura 13 y 14 se muestran la dinámica de absorción del P. La extracción de este nutrimento permitió acumular durante en el crecimiento vegetativo (0-39 DDT) un 11.36% de P total, posteriormente, durante la fase reproductiva entre los 40 y 79 DDT, se presentó una absorción de 88.37 % de P absorbido durante todo el ciclo del cultivo. La máxima absorción de P se presentó, específicamente en los 69-79 DDT con un 50.7% del P total.

En la Figura 15 se observa que en las hojas y tallos se presenta la mayor acumulación de P (76.16%), seguido por la raíz (13.84 %) y finalmente la inflorescencia (10 %). La mayor absorción de P en la etapa reproductiva puede ser debido a que este nutrimento influye fuertemente en la floración y fructificación de la plantas así como en el desarrollo radical y aceleración de la madurez (Soria, 2008). Mengel *et al.* (2001) mencionan que los valores más altos de extracción de P se observan en la etapa de brotación vegetativa y reproductiva, ya que las hojas jóvenes contienen relativamente altas cantidades de P orgánico en forma de ácidos nucleicos y fosfolípidos que son acumulados y trasladados posteriormente a la parte reproductiva.

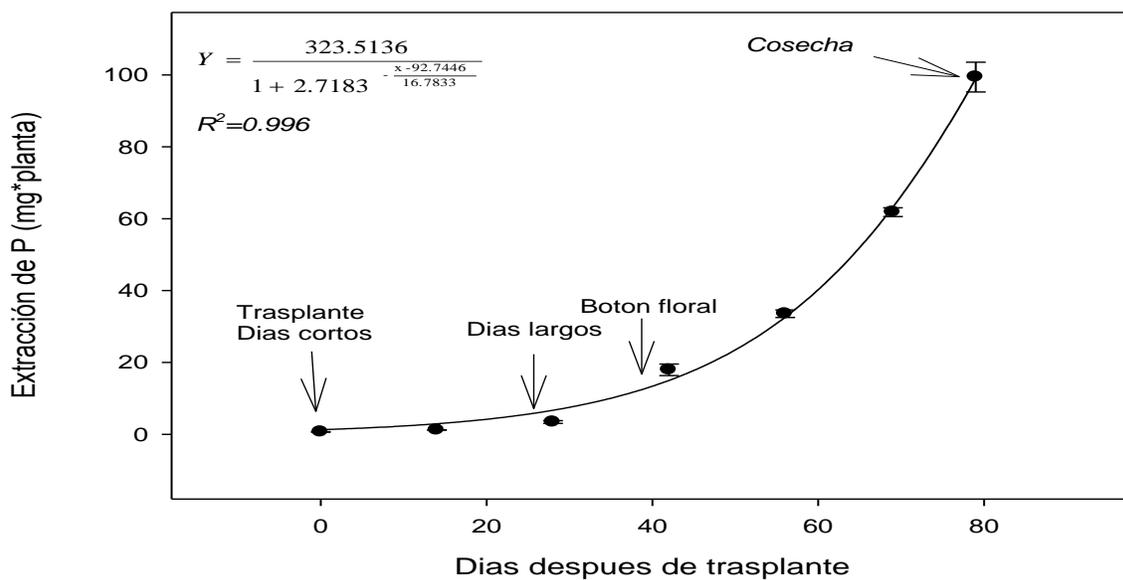


Figura 13. Extracción total de Fosforo (P) en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White. Las barras indican el error estándar de la media (n=3).

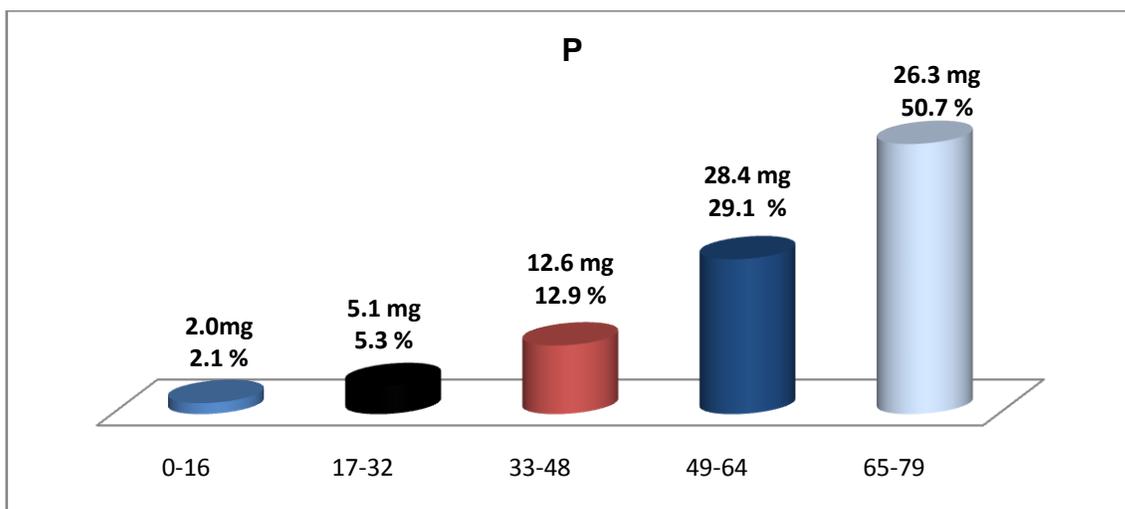


Figura 14. Extracción relativa de Fosforo (P) del total absorbido en el ciclo de cultivo en crisantemo (*Chysathemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

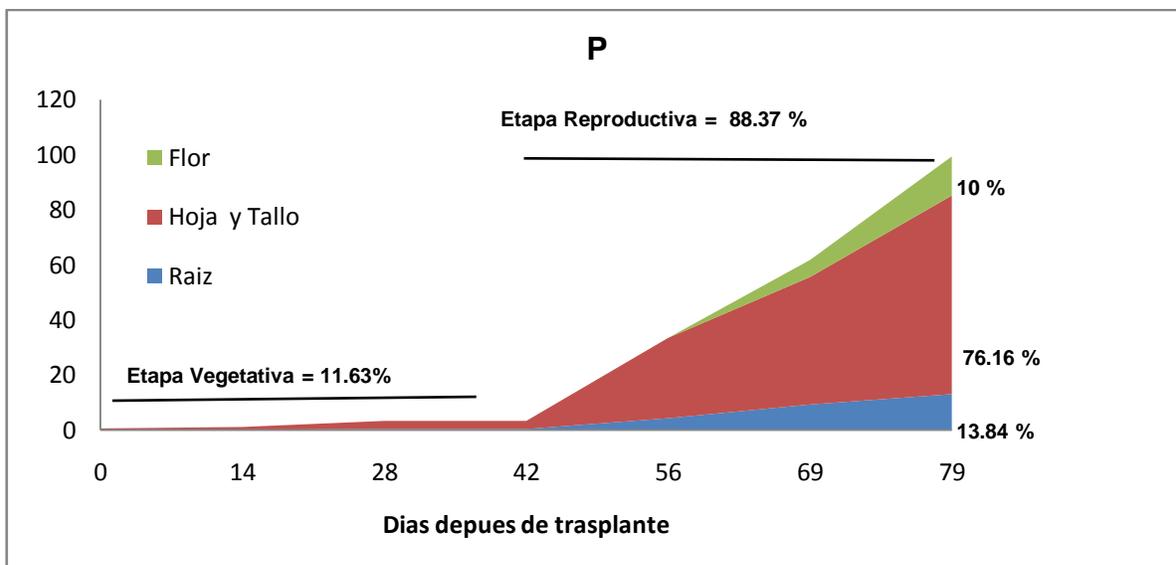


Figura 15. Extracción, acumulación y distribución final del Fosforo (P) por órgano en crisantemo (*Chrysanthemu mmorifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

En la Figura 16 y 17 se observa que al comenzar el crecimiento de vegetativo, la absorción de Ca era baja, pero conforme avanzó el desarrollo de la planta se fue incrementando hasta a un máximo de la etapa de desarrollo del botón y cosecha. Las máximas extracciones de Ca realizadas por la planta de crisantemo ocurrieron en la etapa reproductiva, específicamente en los 65-79 DDT. En esta etapa se alcanzó también la tasa máxima de extracción diaria con  $21.4 \text{ mg planta}^{-1}$ .

En la Figura 18 se detecta nuevamente que en las hojas y tallos se presenta la mayor acumulación de Ca (82.25%), seguida por la raíz (9 %) y finalmente la inflorescencia (8.75%). Los resultados son similares a los reportados por Hernández *et al.* (2011) en tomate Híbrido 3019. El Ca es utilizado por las plantas para la formación de pectatos de Ca en la lámina media de la célula, forma ácidos orgánicos del interior de las células regulando la presión osmótica; además interviene en la formación de lecitina, fosfolípidos importante de la membrana celular y permeabilidad de membranas; actúan en la división mitótica de las células en meristemo (punto de crecimiento) y absorción de nitratos (Rodríguez, 1982). Salazar (2002) señala que gran parte del Ca absorbido por un frutal es usado para el crecimiento de los brotes vegetativos y la raíz. De acuerdo Pineda *et al.* (2008) las máximas extracción de Ca por las plantas de frambueso ocurrieron en las etapas de brotación vegetativa, desarrollo de frutos y cosecha.

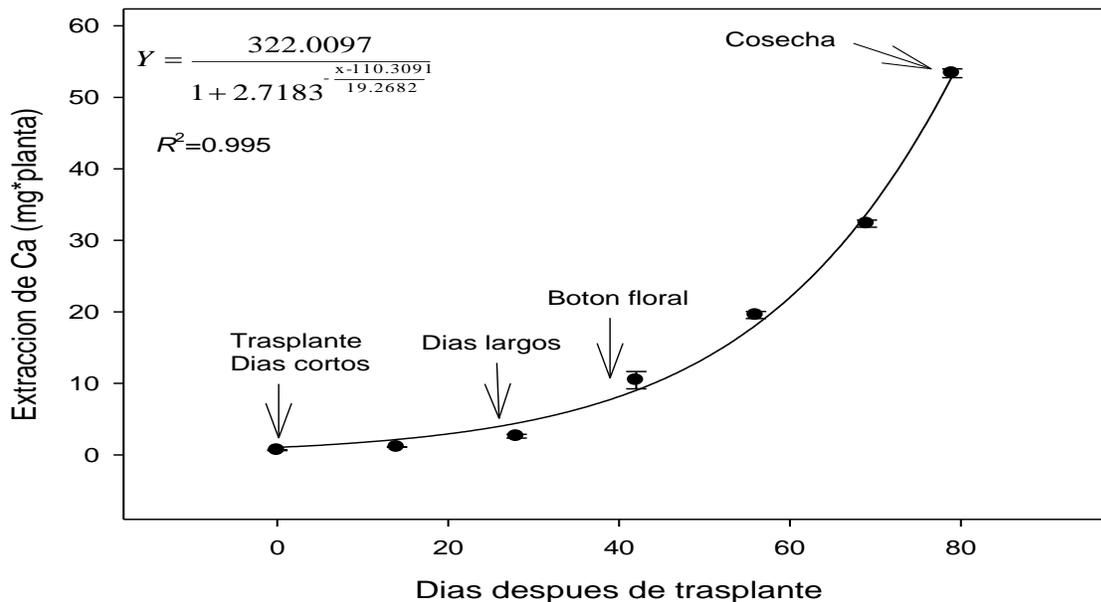


Figura 16. Extracción total de Calcio (Ca) del total absorbido en el ciclo de cultivo en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White. Las barras indican el erros estándar de la media (n=3).

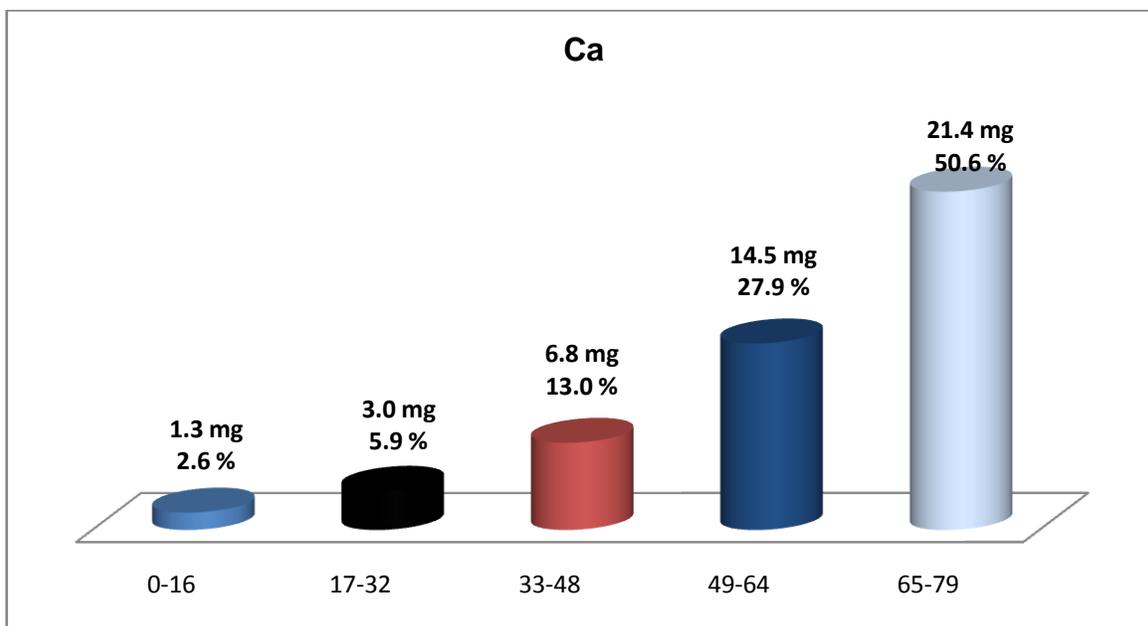


Figura 17. Extracción relativa del Calcio (Ca) del total absorbido en el ciclo de cultivo en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

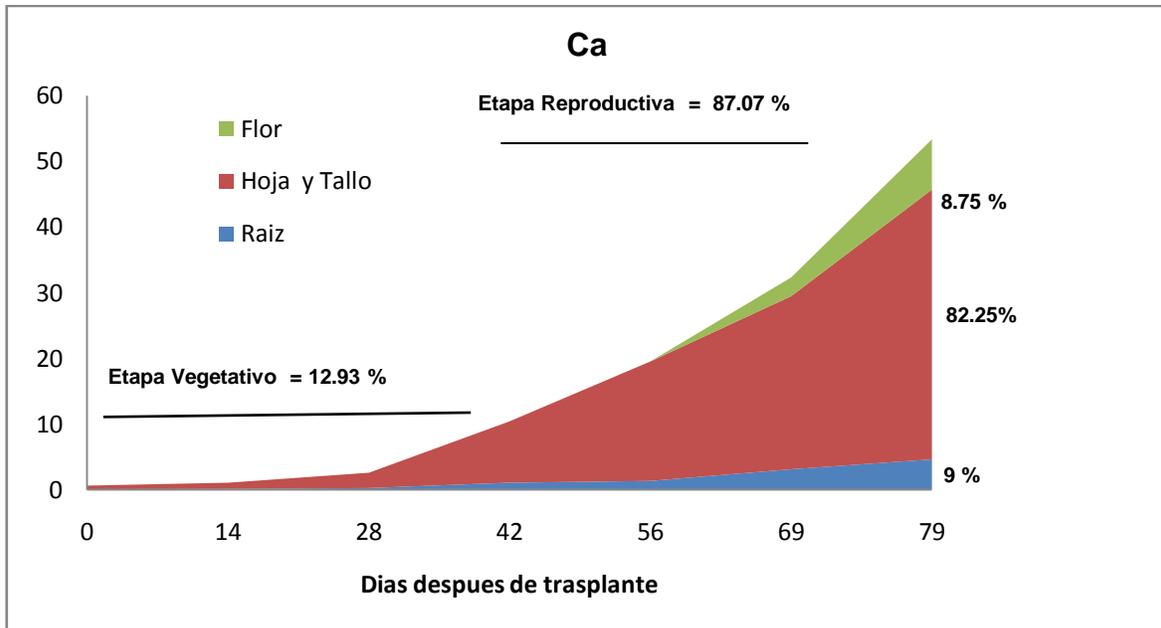


Figura 18. Extracción, acumulación y distribución final del Calcio (Ca) por órgano en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

En la Figura 19 y 20 se observa que la mayor extracción de Mg se presentó en la etapa reproductiva, en los 49 y 79 DDT. En este mismo periodo se observó la tasa máxima de absorción con  $35 \text{ mg planta}^{-1}$ .

La Figura 21 indica que en las hojas y tallos se presenta mayor acumulación de Mg (82.9%), seguida por la inflorescencia (11%) y finalmente la raíz (6.1%). Los resultados son similares a los reportados por Pineda *et al.* (2008) frambueso rojo cv Malling Autumn Bliss, y por González y Bertsch (1988) en crisantemo. La mayor acumulación se presenta en la etapa reproductiva y la cosecha. El Mg es un activador del sistema enzimático y la mayor parte se encuentra en la savia, con funciones en el metabolismo de fosfatos y en la respiración. Además, forma parte de la clorofila, responsable de la fotosíntesis. Las cantidades de Mg requeridas por las plantas son normalmente menores que Ca en crisantemo (Aparicio, 1999).

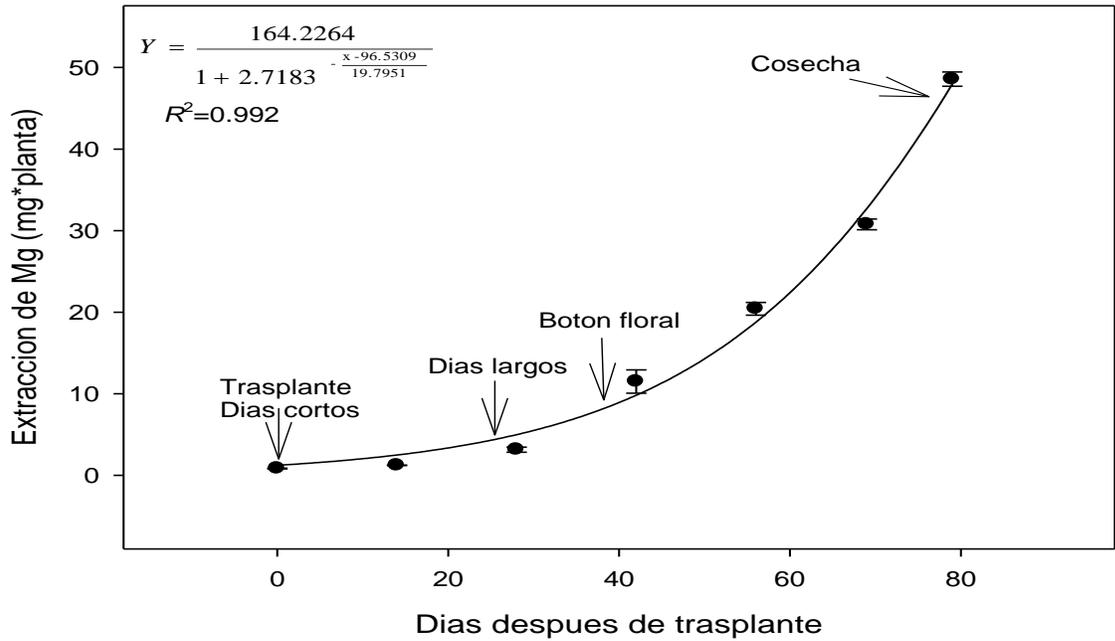


Figura 19. Extracción total de Magnesio (Mg) en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White. Las barras indican el error estándar de la media (n=3).

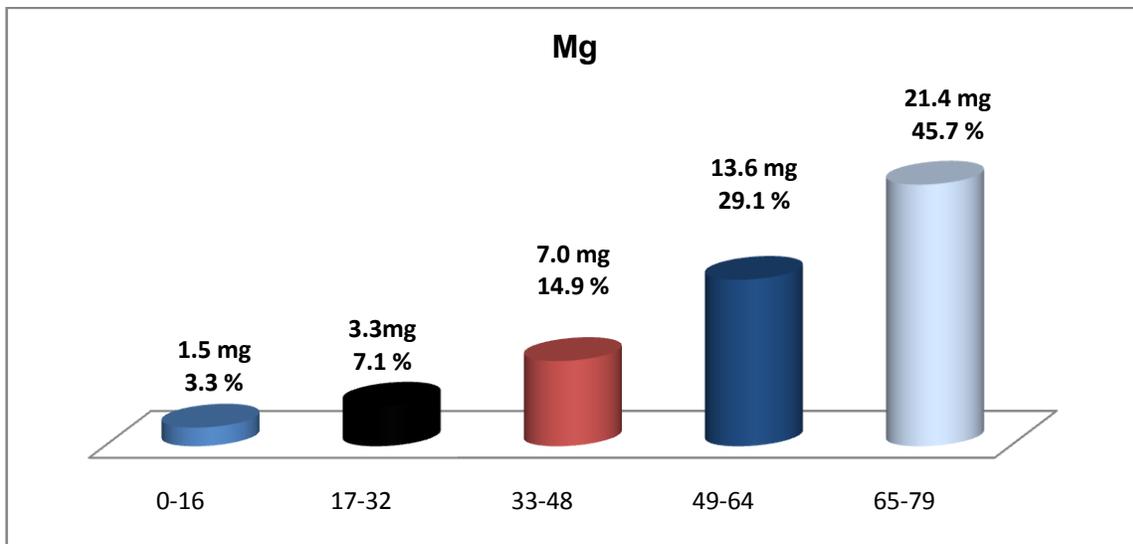


Figura 20. Extracción relativa de Magnesio (Mg) del total absorbido en el ciclo del cultivo en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

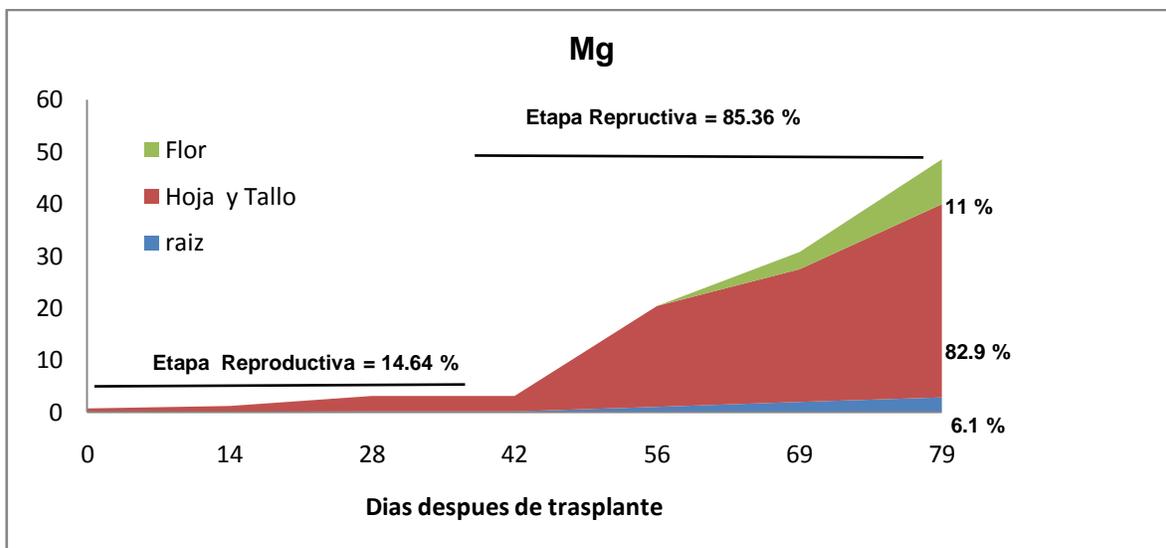


Figura 21. Extracción, acumulación y distribución final del Magnesio (Mg) por órgano en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

## V. CONCLUSIÓN

El mayor crecimiento del crisantemo se presentó al finalizar la etapa vegetativa y la acumulación de biomasa en la etapa reproductiva. Los patrones de acumulación de materia seca y extracción de nutrimentos indican que la mayor demanda nutrimental se presenta en la etapa reproductiva. El N y K son los nutrimentos más extraídos por el crisantemo, específicamente en el periodo de máxima absorción, lo cual coincide en la etapa reproductiva. Las hojas acumularon la mayor cantidad de materia seca, y por lo tanto, es el órgano que acumuló la mayor parte de los nutrimentos. El crisantemo es una planta de alta demanda nutrimental, con extracciones de N, K, P, Ca y Mg de 288, 201.6, 97.7, 51.9 y 46.7 mgplanta<sup>-1</sup> respectivamente. Considerando una población de plantación de 60 plantas·m<sup>2</sup> la extracción de nutrientes será 17.28 g de N, 12.09 g de K, 5.862 g de P, 3.11 g de Ca y 2.8 g de Mg por m<sup>2</sup>, respectivamente.

## VI. LITERATURA CITADA

Álvaro, M. y Moreira, M.A. 2005. **Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* cv. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica.** Agronomía Costarricense 29: 77-84.

Aparicio, V.M.1999. **Comercialización de crisantemo estándar en San Pablo Ixayoc, Texcoco, Edo. De México.** Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo, México.

Arbos, L.A. 1992. **El crisantemo: cultivo, multiplicación y enfermedades.** Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España: 170 p.

Bertsch, F. 2003. **Absorción de nutrimentos por los cultivos.** Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica: 307 p.

Bertsch, F. y Ramírez, F. 1993.**Curvas de crecimiento y de absorción de nutrimentos en melón (*Cucumis melo* cv. Honey Dew) y sandía (*Citrullus lanatus* cv Crimson Jewel).**in **informe anual 1997.** Instituto de la Potasa y Fosforo. Proyecto Potasio, Fosforo y calidad. San José, Costa Rica. Consulta electrónica: [www.secsuelo.org/VIIICongreso](http://www.secsuelo.org/VIIICongreso).

Bianca, L. y Bertsch, F. 2012. **Curvas de absorción de nutrimentos para tres variedades de lirio (*lilium* spp) y afinamiento del programa de fertilización en un finca comercial de Heredia, Costa Rica.** Agronomía Costarricense 36: 57-60.

Boodley, J.W. y Meyer, J.R. 1966. **The nutrient content of Bonmaffon de luxe *chrysanthemum* from juvenile to mature growth.** Journal of American Society for Hort. Science 87: 472-478.

Carrillo, L.M. 2009. **Efecto de la solución nutritiva Steiner en la calidad y vida de florero de crisantemo.** Tesis de maestría en ciencia, Montecillo Texcoco, Edo.de México.

Castillo, A.M., Hernández, M., García, J., Valdez, L.A., y Torres, T. (2011). **Extracción de macronutrientes en banano “Dominico” (*Musas pp.*).** Revista Internacional de Botánica Experimental PYTON 80: 65-72.

Dantas, P., Dintz, G. y Haag, H.P. 1975. **Nutrición mineral de plantas ornamentales. VIII. Absorción y deficiencias de nutrientes de *Chrysanthemum morifolium*, cv. 2 Suzuki**". Anais de E.S.A. "Luiz de Quiroz" 32:471-492.

Domínguez, V.A. 1989. **Tratado de fertilización**. Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España: 51 p.

Epstein, E. y Bloom, A.J. 2005. **Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives**. 2nd ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts, USA: 400 p.

Fageria, V. 2001. **Nutrient interactions in crop plants**. Journal of Plant Nutrition 24: 1269-1290.

Granada, C.L. 2007. **Propuesta de trabajo para el sistema de producto ornamental en Morelos**. Documento de trabajo (inédito). Productores de ornamentales de Morelos A.C. (POMAC) y Consejo estatal de productores de ornamentales de Morelos A.C. (CEPOMAC). Cuernavaca, Morelos: 5 p.

Gonzales, P y Bertsch, F. 1988. **Absorción de nutrimentos para el crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) yare "super white" durante su ciclo de vida en invernadero**. Agronomía Costarricense 13: 51-60.

Guel, J.L. 1989. **Producción de Plantas Compactas de Crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) con el Regulador de Crecimiento Prisma**. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

Hernández, M.A., Laffiita, M.C., Moreno, V. y Ojeda, A. 2011 **Caracterización del crecimiento y la absorción de macronutrientes en el cultivo protegido del tomate (Híbrido HA 3019)**. Centro Agrícola 38: 35-44.

Investigación y Capacitación Agropecuaria Acuícola y Forestal (ICAMEX), 2013. **La vigésima segunda expoflor Villa Guerrero, México**. Disponible: [www.edomex.gob.mx/icamex](http://www.edomex.gob.mx/icamex)

Investigación y Capacitación Agropecuaria Acuícola y Forestal (ICAMEX), 2004. **Unión regional de productores de Totolmajac, Villa Guerrero, México**. Disponible: [www.edomex.gob.mx/icamex](http://www.edomex.gob.mx/icamex)

Jones, J.B.; Wolf, B. y Mills H.A. 1991. **Plant analysis handbook**. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro Publishing. Athens, GA, USA: 213 p.

Kofranek, M.A. 1980. **Cut *chrysanthemum***. Introduction to floriculture. R.A. Larson. Academic Press: 3-45 pp.

Macías, J.L. 2008. **Caracterización de deficiencia de N, P, K, Ca y Mg en crisantemo (*Dentratheuma grantiflora*) var Red Decan**. Tesis de licenciatura, Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" Uruapan, Michoacán.

Marschner, H. 1995. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. Academic Press, London, England: 447-542, 889 pp.

Mastalerz, J. 1977. **The greenhouse environment. Growing media**. John Wiley and Sons. New York, USA: 629 p.

Mendoza, J.W., Cecilio, A.B., Rosa, M.O. y Nascimento C.S. 2013. **Growth of potato plants the 'Asterix' Cultivar and Accumulation of Nutrients**. Journal of Agricultural Science 5: 217-225.

Mengel, K., Kirkby E.A., Kosegarten H., and Appel T. 2001. **Principles of plant nutrition**. 5th ed. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands: 849 p.

Molina, E., Salas R. y Castro A. 1993. **Curvas de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler) en Alajuela**. Agronomía Costarricense 17: 67-73.

Nelson, P.V. 1985. **Greenhouse operation and management**. 3rd edition Reston Publishing Company. Virginia, USA: 598 p.

Padilla, A.F. 2007. **Curva de absorción de nutrientes de la rosa variedad Rockefeller bajo condiciones de macro túnel en la empresa Agro ganadera Espinosa Chiriboga, Cotopaxi, Ecuador.** Tesis de licenciatura, Carrera de ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras.

Perdomo, C., Barbazan, M., y Duran J.M., 1998. **Área de suelo y agua cátedra de fertilidad Nitrógeno.** Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, Montevideo, Uruguay: Consulta electrónica: [www.fagro.edu.uy/fertilidad](http://www.fagro.edu.uy/fertilidad).

Pérez, A., Rincón, L., Pellicer, C., Sáez, J., Abadía, A., y Marín, C. 2001. **Crecimiento vegetativo y absorción de nutrimentos de la Apio.** Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (CIDA), Estación Sericola Investigación Agrícola: Producción Protección Vegetal 17: 292-301.

Pineda, J., Avitia, E., Castillo, A.M., Corona, T., Valdez, L.A. y Gómez J. 2008. **Extracción de macronutrientes en frambueso rojo.** Terra Latinoamericana 26: 333-340.

Post, K. 1948. **Day length and flower bud development in chrysanthemum.** American Society for Horticultural Science 51: 590-592.

Sandoval, M.R., Mascorro, J.O., Gil, I. y Iturriaga, G. 2008. **Regeneración directa in vitro del crisantemo, *Dendranthema x grandiflorum* Kitam, a partir de segmentos de tallo.** Universidad y Ciencia trópico húmedo 24: 219-227.

Salazar, S. 2002. **Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones.** Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en asociación con el Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Querétaro, México: 165 p.

Salisbury, F.B y Ross, C.W. 1994. **Fisiología vegetal.** Grupo editorial Iberoamericana: 759 p.

Salinger, J.P. 1991. **Producción comercial de flores**. Editorial Acribia S.A Zaragoza, España: 371 p.

Servicio de información de Agroalimentaria y Pesquero (SIAP) 2012. **Anuario estadístico de la producción agrícola**.

Segura, L. 2003. **Guía para flor de corte de crisantemo en invernadero**. Investigación y Capacitación Agropecuaria Acuícola y Forestal (ICAMEX). Consulta electrónica: [www.edomex.gob.mx/icamex](http://www.edomex.gob.mx/icamex)

Soria, N. 2008. **Nutrición Foliar y Defensa Natural**. XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del suelo, Quito, Ecuador. Consulta electrónica: [www.secssuelo.org/XICongreso](http://www.secssuelo.org/XICongreso).

Soto, A.R y Armando, G.F. 2006. **El estado de México confirma su liderazgo en floricultura**. En la información, planeación, programación y evaluación de la secretaría de desarrollo agropecuario del estado de México. Consulta electrónica: [www.edomexico.gob.mx](http://www.edomexico.gob.mx).

Requejo, R. 2012. **Curso de Diagnostico de nutricional de suelos y plantas**. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Consulta de clase: agosto-diciembre.

Rincón, L., Pellicer, C., Sáez, J., Abadía, A., Pérez, A. y Marín, C. 2001. **Crecimiento vegetativo y absorción de nutrimentos de la coliflor**. Estación Sericola Investigación Agrícola: Producción Protección Vegetal 16: 120-128.

Rincón, L., Sáez J., Pérez J.A., Gómez M.D. y Pellicer, C. 1999. **Crecimiento y Absorción de Nutrientes del Brócoli**. Estación Sericola Investigación Agrícola: Producción Protección Vegetal 14: 226-236.

Rodríguez, S.F. 1989. **Fertilizantes, nutrición Vegetal**. A.G.T. Editor. S.A. México, D.F.

Terry, L.R. 2008. **Improving nutrient use efficiency**. Turkish Journal Agriculture and Forestry 32:177-182.

Thompson, L.M. 1982. **Los suelos y su fertilidad**. Editorial Reverte, S.A. Barcelona, España: 229-231 pp.

Vargas, M.V. 2013. **Determinación de las curvas de acumulación de nutrientes en las variedades de clavel Nelson y Dakota (*Dianthus caryophyllus*), Pujil, Cotopaxi**. Tesis de maestría, Unidad Central de Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Instituto de Investigación y posgrado, Quito, Ecuador.

Villanueva, E., Sánchez, M.A., Cristóbal, J., Ruiz, E., y Tun, J.M. 2005. **Diagnóstico y Alternativas de Manejo Químico del Tizón Foliar (*Alternaria Chrysanthemum* Simmons y Crosier) del Crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) Kitamura en Yucatán, México**. Revista Mexicana de Fitopatología 23:49-56.

Woodson, W.R. y J.W. Boodley 1993. **Accumulation and partitioning of nitrogen and dry matter during the growth of *Chrysanthemum***. HortScience 18:196-197.

Wiedenhoeft, A.C. 2006. **Plant Nutrition**. Chelsea House, New York, USA: 14 p.

# VII. APÉNDICE

Cuadro 7. Parámetros de crecimiento y desarrollo de las plantas de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

Días después de trasplante	Altura (cm planta)	Longitud de Raíz (cm planta)	Numero de Hojas (numero planta)
0.0	0.0 <sub>±0.0</sub>	0.0 <sub>±0.0</sub>	0.0 <sub>±0.0</sub>
14.0	10.3 <sub>±0.2</sub>	9.2 <sub>±0.2</sub>	9.3 <sub>±0.3</sub>
28.0	21.9 <sub>±0.8</sub>	13.5 <sub>±0.4</sub>	16.8 <sub>±0.5</sub>
42.0	41.0 <sub>±1.2</sub>	20.9 <sub>±0.6</sub>	29.8 <sub>±0.5</sub>
56.0	58.5 <sub>±0.2</sub>	27.0 <sub>±0.2</sub>	32.8 <sub>±0.4</sub>
69.0	65.3 <sub>±0.9</sub>	31.3 <sub>±0.5</sub>	33.3 <sub>±0.7</sub>
79.0	68.8 <sub>±0.7</sub>	31.1 <sub>±0.5</sub>	35.6 <sub>±0.10</sub>

Cuadro 8. Extracción diaria de N, P, K, Ca y Mg en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White, según el modelo estimado  $Y = \frac{a}{1+e^{-\frac{x-x_0}{b}}}$  para el respectivo nutrimento.

Días después de	N	Eficiencia al 50%	K	Eficiencia al 80%	P	Eficiencia al 40%	Ca	Eficiencia al 75%	Mg	Eficiencia al 75%
0.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.	0.30	0.61	0.24	0.30	0.08	0.20	0.06	0.07	0.06	0.09
2.	0.32	0.64	0.25	0.31	0.08	0.21	0.06	0.08	0.07	0.09
3.	0.34	0.68	0.27	0.33	0.09	0.22	0.06	0.08	0.07	0.09
4.	0.36	0.72	0.28	0.35	0.09	0.23	0.06	0.09	0.07	0.10
5.	0.38	0.77	0.30	0.38	0.10	0.25	0.07	0.09	0.08	0.10
6.	0.41	0.81	0.32	0.40	0.11	0.26	0.07	0.10	0.08	0.11
7.	0.43	0.86	0.34	0.42	0.11	0.28	0.08	0.10	0.09	0.11
8.	0.46	0.91	0.36	0.45	0.12	0.30	0.08	0.11	0.09	0.12
9.	0.48	0.97	0.38	0.48	0.13	0.31	0.08	0.11	0.09	0.13
10.	0.51	1.03	0.40	0.50	0.13	0.33	0.09	0.12	0.10	0.13
11.	0.54	1.09	0.43	0.54	0.14	0.35	0.09	0.12	0.10	0.14

12	0.58	1.15	0.45	0.57	0.15	0.37	0.10	0.13	0.11	0.15
13.	0.61	1.22	0.48	0.60	0.16	0.40	0.10	0.14	0.12	0.15
14	0.65	1.30	0.51	0.64	0.17	0.42	0.11	0.14	0.12	0.16
15	0.69	1.37	0.54	0.68	0.18	0.45	0.11	0.15	0.13	0.17
16	0.73	1.45	0.57	0.72	0.19	0.47	0.12	0.16	0.13	0.18
17	0.77	1.54	0.61	0.76	0.20	0.50	0.13	0.17	0.14	0.19
18	0.82	1.63	0.64	0.80	0.21	0.53	0.13	0.18	0.15	0.20
19	0.86	1.73	0.68	0.85	0.23	0.56	0.14	0.19	0.15	0.21
20	0.91	1.83	0.72	0.90	0.24	0.60	0.15	0.20	0.16	0.22
21	0.97	1.93	0.76	0.96	0.25	0.63	0.16	0.21	0.17	0.23
22	1.02	2.05	0.81	1.01	0.27	0.67	0.16	0.22	0.18	0.24
23	1.08	2.17	0.86	1.07	0.28	0.71	0.17	0.23	0.19	0.25
24	1.15	2.29	0.91	1.13	0.30	0.75	0.18	0.24	0.20	0.26
25	1.21	2.42	0.96	1.20	0.32	0.80	0.19	0.25	0.21	0.28
26	1.28	2.56	1.01	1.27	0.34	0.85	0.20	0.27	0.22	0.29
27	1.35	2.71	1.07	1.34	0.36	0.90	0.21	0.28	0.23	0.30
28	1.43	2.86	1.13	1.41	0.38	0.95	0.22	0.29	0.24	0.32
29	1.51	3.02	1.19	1.49	0.40	1.00	0.23	0.31	0.25	0.33
30	1.60	3.19	1.26	1.57	0.43	1.06	0.24	0.33	0.26	0.35
31	1.69	3.37	1.33	1.66	0.45	1.13	0.26	0.34	0.28	0.37
32	1.78	3.56	1.40	1.75	0.48	1.19	0.27	0.36	0.29	0.38
33	1.88	3.75	1.48	1.85	0.50	1.26	0.28	0.38	0.30	0.40
34	1.98	3.96	1.56	1.94	0.53	1.33	0.30	0.40	0.32	0.42
35	2.09	4.18	1.64	2.05	0.56	1.41	0.31	0.42	0.33	0.44
36	2.20	4.40	1.72	2.15	0.60	1.49	0.33	0.44	0.35	0.46
37	2.32	4.63	1.81	2.27	0.63	1.58	0.35	0.46	0.36	0.49
38	2.44	4.88	1.91	2.38	0.67	1.67	0.36	0.49	0.38	0.51
39	2.57	5.14	2.00	2.50	0.70	1.76	0.38	0.51	0.40	0.53

40	2.70	5.40	2.10	2.63	0.74	1.86	0.40	0.54	0.42	0.56
41	2.84	5.68	2.20	2.75	0.79	1.96	0.42	0.56	0.44	0.58
42	2.98	5.97	2.31	2.89	0.83	2.07	0.44	0.59	0.46	0.61
43	3.13	6.27	2.42	3.02	0.88	2.19	0.47	0.62	0.48	0.64
44	3.29	6.58	2.53	3.16	0.92	2.31	0.49	0.65	0.50	0.66
45	3.45	6.90	2.65	3.31	0.97	2.44	0.51	0.69	0.52	0.69
46	3.61	7.23	2.76	3.45	1.03	2.57	0.54	0.72	0.54	0.73
47	3.78	7.57	2.88	3.61	1.08	2.71	0.57	0.76	0.57	0.76
48	3.96	7.92	3.01	3.76	1.14	2.85	0.59	0.79	0.59	0.79
49	4.14	8.28	3.13	3.91	1.20	3.01	0.62	0.83	0.62	0.83
50	4.33	8.65	3.26	4.07	1.27	3.16	0.65	0.87	0.65	0.86
51	4.52	9.03	3.38	4.23	1.33	3.33	0.69	0.92	0.67	0.90
52	4.71	9.42	3.51	4.39	1.40	3.50	0.72	0.96	0.70	0.94
53	4.91	9.82	3.64	4.55	1.47	3.68	0.75	1.01	0.73	0.97
54	5.11	10.22	3.77	4.71	1.55	3.87	0.79	1.05	0.76	1.01
55	5.32	10.63	3.90	4.87	1.62	4.06	0.83	1.10	0.79	1.06
56	5.52	11.04	4.03	5.03	1.70	4.26	0.87	1.16	0.82	1.10
57	5.73	11.46	4.15	5.19	1.79	4.47	0.91	1.21	0.86	1.14
58	5.94	11.88	4.28	5.34	1.87	4.68	0.95	1.27	0.89	1.19
59	6.15	12.30	4.40	5.50	1.96	4.91	1.00	1.33	0.92	1.23
60	6.36	12.72	4.51	5.64	2.05	5.13	1.04	1.39	0.96	1.28
61	6.57	13.14	4.63	5.78	2.15	5.37	1.09	1.45	1.00	1.33
62	6.77	13.55	4.73	5.92	2.24	5.61	1.14	1.52	1.03	1.38
63	6.98	13.96	4.84	6.05	2.34	5.86	1.19	1.59	1.07	1.43
64	7.18	14.36	4.94	6.17	2.44	6.11	1.24	1.66	1.11	1.48
65	7.37	14.75	5.03	6.28	2.55	6.37	1.30	1.73	1.15	1.53
66	7.56	15.12	5.11	6.39	2.65	6.63	1.36	1.81	1.18	1.58
67	7.74	15.49	5.18	6.48	2.76	6.90	1.41	1.89	1.22	1.63

68	7.92	15.84	5.25	6.57	2.87	7.17	1.47	1.97	1.26	1.68
69	8.09	16.17	5.31	6.64	2.98	7.44	1.54	2.05	1.30	1.74
70	8.24	16.48	5.36	6.70	3.09	7.72	1.60	2.14	1.34	1.79
71	8.39	16.77	5.40	6.75	3.20	7.99	1.67	2.22	1.38	1.85
72	8.52	17.04	5.43	6.79	3.31	8.27	1.74	2.31	1.42	1.90
73	8.64	17.29	5.45	6.81	3.42	8.54	1.81	2.41	1.46	1.95
74	8.75	17.50	5.46	6.83	3.53	8.82	1.88	2.50	1.50	2.01
75	8.85	17.69	5.46	6.82	3.64	9.09	1.95	2.60	1.54	2.06
76	8.93	17.85	5.45	6.81	3.74	9.35	2.02	2.70	1.58	2.11
77	8.99	17.98	5.43	6.79	3.85	9.61	2.10	2.80	1.62	2.16
78	9.04	18.08	5.40	6.75	3.95	9.87	2.18	2.90	1.66	2.21
79	9.07	18.15	5.36	6.70	4.05	10.11	2.26	3.01	1.70	2.26
Total	288.8	577.58	201.6	252.02	97.7	244.27	51.9	69.23	46.7	62.29

Cuadro 9. Extracción total (por periodo de 14 días) de macronutrientes en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

Días después de trasplante	N	K	K	Ca	Mg
	mg planta <sup>-1</sup>				
0	3.6±0.3	1.5±0.1	0.7±0.1	0.7±0.1	0.9±0.0
14	4.5±0.4	2.7±0.1	1.2±0.0	1.1±0.0	1.2±0.0
28	16.9±2.0	9.9±1.4	3.4±0.4	2.6±0.3	3.2±0.3
42	69.8±6.5	52.6±6.0	17.9±1.6	10.4±1.2	11.5±1.4
56	112.6±8.7	95.4±5.7	33.6±1.1	19.6±0.5	20.4±0.8
69	204.6±11.2	141.7±0.6	61.8±1.2	32.3±0.5	30.8±0.7
79	294.7±3.2	209.1±4.5	99.4±4.1	53.4±0.6	48.6±0.9

Cuadro 10. Extracción (por periodo de 15 días) de N, P, K, Ca y Mg en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White, según el modelo estimado

$$Y = \frac{a}{1+e^{-\frac{x-x_0}{b}}}$$

para el respectivo nutrimento.

Días después de trasplante	N	K	P	Ca	Mg
	%planta <sup>-1</sup> periodo <sup>-1</sup>				
0-16	2.7	3.0	2.1	2.6	3.3
17-32	6.7	7.6	5.3	5.9	7.1
33-48	15.7	17.3	12.9	13.0	14.9
49-64	31.2	32.3	29.1	27.9	29.1
65-79	43.7	39.7	50.7	50.6	45.7

Cuadro 11. Extracción, acumulación y distribución final de macronutrientes por etapa en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

Etapas fenológicas	N	K	P	Ca	Mg
	mgplanta <sup>-1</sup> etapa <sup>-1</sup>				
Vegetativo	42.7	33.6	11.4	6.7	6.8
Reproductiva	246.1	168.0	86.3	45.2	39.9

Cuadro 12. Extracción, acumulación y distribución final de macronutrientes por órgano en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv Indianápolis White.

Días después de trasplante	N	K	P	Ca	Mg
	mgplanta <sup>-1</sup> organo <sup>-1</sup>				
Raíz	25.2	16.9	9.8	4.5	5.1
Tallo y Hoja	237.5	165.3	74.4	42.7	38.7
Botón	26.0	19.4	13.5	4.7	2.8