

**Concentración de Calcio y Presión Osmótica de la
Solución Nutritiva en el Crecimiento Vegetativo y Floral
de Crisantemo**

YASMÍN ARACELI GÁLVEZ MUÑOZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el
grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

Director de Tesis: Ph. D. Vicente de Paul Alvarez Reyna

Torreón, Coahuila, México

Abril, 2012

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Unidad Laguna

Subdirección de Postgrado

**Concentración de Ca y Presión Osmótica de la Solución
Nutritiva en el Crecimiento Vegetativo y Floral de
Crisantemo**

TESIS

YASMÍN ARACELI GÁLVEZ MUÑOZ

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial, para obtener el grado de:

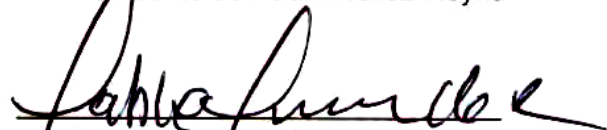
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

Asesor principal:



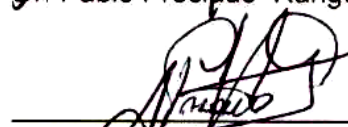
Ph.D. Vicente de Paul Álvarez Reyna

Asesor:



Dr. Pablo Preciado Rangel

Asesor:



Ph.D. Arturo Palomo Gil

Dr. Fernando Ruiz Zárate
Subdirector de Postgrado

Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Jefe del Departamento de Postgrado

Torreón, Coahuila, México, Abril 2012

DEDICATORIA

A Dios por acompañarme siempre, por haberme dado la fuerza para culminar una etapa más de mi vida y por vivir esta experiencia que me ha enseñado mucho.

A MIS PADRES

GLORIA NELVA MUÑOZ PEREZ

Este trabajo es dedicado a ti madre ya que siempre me has brindado tu amor, cariño, apoyo incondicional y principalmente tus consejos cuando más los he necesitado aunque hemos pasado momentos difíciles, le agradezco infinitamente a Dios por darme un lucero tan bello como tú. **MADRE TE AMO Y QUE DIOS TE BENDIGA HOY Y SIEMPRE.**

DERLI EFRAIN GÁLVEZ ROBLERO †

Cada día, cada amanecer me acuerdo de ti para mí el tiempo no ha pasado porque aun hay dolor como en ese día tan triste que me dejaste padre aunque los recuerdos quedan como las fuerzas que me heredaste aquí te doy las gracias papito porque me brindaste la mejor educación y por darme la oportunidad de prepararme profesionalmente y ser una mujer de bien gracias por todo tu amor y apoyo estés donde este papito porque aunque tú ya no estés mas, siempre vivirás en los corazones de quienes te amamos y jamás nadie ocupara tu existencia. Gracias papito por todo lo que en vida me brindaste. **TE AMARE SIEMPRE POR SIEMPRE PAPITO.**

ELISA PEREZ MENDEZ †

Gracias abuelita por todo el amor que me brindaste y tus consejos tan sabios.

A MIS HERMANOS

Marco Antonio, Gabriela Elisa, Derli Josué, Antulio Alejandro, Margeni. Gracias por todo su apoyo incondicional **los Quiero.**

A MI ESPOSO

Santiago Ramírez Vera le doy gracias a dios porque me dio la dicha de conocerte y estar a tu lado por tu enseñanza a la vida tus valiosos consejos y principalmente tu amor y tú apoyo. Te amo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unida Laguna que me brindó la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

A mis asesores de tesis que sin ellos no habría sido posible la culminación del presente trabajo Gracias por todo su apoyo.

Ph. D. Vicente de Paul Alvarez Reyna

Dr. Arturo Palomo Gil

Ph. D. Pablo Preciado Rangel

MC. Francisca Sánchez Bernal

A mis que amigos que me apoyaron de manera directa en el trabajo de campo además de brindarme su amistad. Gena Morales Pérez y Eyma Morales Zunún

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para realización de mis estudios de Maestría.

A mis amigos y compadres Cesar Márquez Quiroz y su esposa Sayani López Espinosa, por su amistad y su apoyo incondicional. Además, de manera muy especial al niño Cesar Tadeo Márquez López y a su hermanita Teresita Guadalupe. Dios los Bendiga siempre.

Le agradezco infinitamente al jefe de programa de posgrado al Dr. Jesús Vielma Sifuentes que sin él no hubiera sido posible la culminación de este trabajo y gracias por su apoyo.

De la misma manera agradezco al Doctor Horacio Hernández por su apoyo incondicional.

Así mismo le agradezco al Doctor José Alberto Delgadillo Sánchez por sus consejos y apoyo incondicional.

A la Lic. Dolores López Magaña por su amistad y valiosos consejos.

A la señora Esther Peña Revuelta por su colaboración y amistad en el tiempo transcurrido en el posgrado.

A mis amigos que me apoyaron de manera incondicional: Brenda, Elvita, Gaby, Mónica, Hillary, María Bedos, Yeni, Othón y Victoria.

Gracias

RESUMEN

Concentración de Ca y Presión Osmótica de la Solución Nutritiva en el Crecimiento Vegetativo y Floral de Crisantemo

Por

YASMÍN ARACELI GÁLVEZ MUÑOZ

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

Unidad Laguna

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la presión osmótica (PO) y concentración de calcio (Ca), de la solución nutritiva sobre el crecimiento vegetativo y floral en planta de crisantemo bajo condiciones de invernadero. En el estudio se utilizaron esquejes de crisantemo trasplantados a macetas conteniendo 20 kg, de perlita como sustrato. El diseño experimental utilizado fue un bloque completamente al azar con arreglo factorial 3 x 3 con cuatro repeticiones. El factor A, consistió en tres concentraciones de Ca (7, 9 y 11 me L⁻¹) y el factor B en tres PO (-0.072, -0.092 y -1.12 MPa). Las variables evaluadas fueron altura y diámetro de tallo, número de hojas, días de emergencia del botón floral y días a producción.

La mayor altura de tallo fue observada en plantas sometidas a una PO de -1.12 MPa, y en concentraciones de Ca en la solución nutritiva de 9 y 11 me L⁻¹. En la interacción de ambos factores la mayor altura de planta se presentó a un PO de

-1.12 MPa y una concentración de Ca de 9 o 11 me L⁻¹. El número de hojas fue mayor en plantas sometidas a una PO de -1.12 MPa, en la solución con una concentración de Ca de 7 y 9 me L⁻¹, y en la interacción a una PO de -1.12 MPa y una concentración de Ca de 7 me L⁻¹. El diámetro de tallo fue mayor en plantas bajo una PO de -1.12 MPa, en una concentración de Ca de 11 me L⁻¹, y en la interacción de ambos mostró el mayor diámetro de tallo. El tiempo a producción fue mayor en las plantas sometidas a una PO de -0.72 MPa, en una concentración de Ca de 11 me L⁻¹ y en la interacción de una PO de -0.72 y 7 me L⁻¹ de concentración de Ca en la solución nutritiva. En función de los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye que el incremento en la presión osmótica y concentración de calcio en la solución nutritiva, mejora el desarrollo y crecimiento de las plantas de crisantemo. Efecto similar observado en la planta de crisantemo, bajo una concentración de calcio de 9 me L⁻¹ en la solución nutritiva durante el ciclo productivo. Sin embargo, el mayor incremento en el desarrollo y crecimiento de las plantas de crisantemo se obtuvo a una presión osmótica de -1.12 Mpa y una concentración de Ca de 9 me L⁻¹ de calcio en la solución nutritiva.

ABSTRACT

The objective of this research was evaluated the effect of different osmotic pressures (PO) and concentrations of calcium (Ca) on the vegetative growth and bloom of chrysanthemum plants under greenhouse conditions. In the study were used root cutting of chrysanthemum planted in bags of 20 kg, containing perlite as substrate. The experimental design used was a randomized complete block and a 3 x 3 factorial experiment with four replications. The factor A, consisted of three calcium concentrations 7, 9 and 11 me L⁻¹, and the factor B consisted of three osmotic pressures -0.072, -0.092 and -1.12 MPa. The evaluated variables were plant height, stem thickness, leaves number, emerging time of floral button and days to production.

The greatest stem height was observed in plants under an osmotic pressure of -1.12 Mpa, and in calcium concentrations of the nutritive solution of 9 and 11 me L⁻¹. The greatest plant height was presented by the interaction of an osmotic pressure of -1.12 Mpa and a calcium concentration in nutritive solution of 9 or 11 me L⁻¹. The greater leaves number by plant was obtained under an osmotic pressure of -1.12 MPa, in a calcium concentration of the nutritive solution of 9 or 11 me L⁻¹. The interaction of osmotic pressure of -1.12 MPa and a calcium concentrate of 7 me L⁻¹ had the greater leaves number by plant. The stem diameter was greatest on plants under a osmotic pressure of -1.12 MPa, in a calcium concentration of 11 me L⁻¹ and the interaction of an osmotic pressure of -1.12 MPa, and a Calcium concentration in the nutritive solution of 11 me L⁻¹. In time to production this was greater on plants under an osmotic pressure of -0.72

MPa. The calcium concentration of 11 me L^{-1} had the highest time to production and the interaction of the osmotic pressure of -0.72 Mpa , and 7 me L^{-1} in the nutritive solution showed the highest time to production.

According with the results obtained in the study it is concluded that the development and growth of chrysanthemum is affected by the increment of the osmotic pressure and calcium concentration in the nutritive solution.

INDICE

Pág.

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vii
INDICE DE CUADROS	xi
I INTRODUCCION	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Importancia de la floricultura.....	4
2.1.1 Importancia mundial	5
2.1.2 Importancia nacional	6
2.1.3 importancia regional	7
2.2 Origen.....	7
2.2.1 Taxonomía y morfología.....	8
2.2.2 Características botánicas	9
2.3 Propagación del cultivo de crisantemo	11
2.3.1 Semillas.....	11
2.3.2 Esquejes.....	11
2.3.3 Enraizamiento de esquejes	12
2.3.4 Temperatura.....	12
2.4 Fotoperiodo	13
2.4.1 Principales Sistemas de Iluminación Artificial.....	15
2.4.1.1 Lámparas incandescentes.....	15
2.4.1.2 Lámparas de vapor de mercurio.....	15
2.4.1.3 Lámparas Fluorescentes	15
2.5 Plagas del Crisantemo.....	16
2.5.1 Trips (<i>Frankliniella Fortissima</i>)	16
2.5.2 Mosquita Blanca (<i>Bemisia Tabaci spp.</i>)	16
2.5.3 Minadores (<i>Liriomyza huidobrensis.L.</i>).....	16
2.6 Nutrición Mineral.....	17
2.6.1 Solución Nutritiva	21
2.6.2 pH de la solución nutritiva	23
2.6.3 Conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva.....	23
2.6.4 Características químicas de las soluciones nutritivas.....	24
2.6.5 Concentración de calcio en las plantas	26
2.6.6 Efecto de la presión osmótica en el desarrollo y crecimiento de las plantas.....	27
2.6.7 Relación Mutua entre Aniones	29
2.6.8 Relación mutua entre los cationes	31
2.7 Hidroponía y cultivos tradicionales	32
2.7.1 Sustrato como medio de soporte para las plantas	34
2.7.2 Perlita	37
2.8 Elección y punto de corte	37

2.8.1 Calidad Comercial	38
III MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1. Localización del experimento	40
3.2 Diseño experimental	40
3.2.1 Manejo del cultivo.....	40
3.2.2 Material vegetativo	41
3.2.2.1 Fungicidas e insecticidas para el control y prevención de plagas o enfermedades	42
3.2.3 Periodo adaptativo de riego.....	43
3.2.4 Preparación de soluciones nutritivas	43
3.3 Variables evaluadas	45
3.3.1 Desarrollo y crecimiento vegetativo.....	45
3.3.2 Tiempo de emergencia del botón	46
3.3.3 Tiempo a la producción	46
3.3.4 Peso fresco de la flor.....	46
3.3.5 Peso seco de la flor	46
3.4 Análisis Estadísticos	47
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1. Altura de Planta	48
4.2 Numero de hojas	50
4.3 Diámetro de tallo.....	52
4.4 Tiempo de emergencia del botón floral.....	53
4.5 Tiempo a producción	54
4.6 Peso fresco de inflorescencia	55
4.7 Peso seco de inflorescencia	56
V CONCLUSIÓN	58
VI LITERATURA CITADA	59

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del crisantemo.....	9
Cuadro 2. Niveles adecuados de nutrimentos esenciales (<i>Dendranthema grandiflorum</i> Ramat Kitamura H).....	21
Cuadro 3. Porcentaje mínimo y máximo que pueden presentar los aniones y cationes con respecto al total en la solución nutritiva, sin que estén en los límites fisiológicos o de precipitación.	32
Cuadro 4. Características varietales del material vegetativo utilizado en el presente estudio.....	42
Cuadro 5. Fungicidas utilizados para atacar hongos en el estudio.....	42
Cuadro 6. Insecticidas utilizados para prevenir plagas en el cultivo.	42
Cuadro 7. Composición iónica (cmol/litro) de las soluciones nutritivas evaluadas.....	43
Cuadro 8. Análisis químico del agua corriente utilizada para la preparación de soluciones nutritivas.	43
Cuadro 9. Fertilizantes utilizados (Macro elementos) en la preparación de las soluciones nutritivas.	44
Cuadro 10. Fuentes de fertilizantes (microelementos) utilizadas en la preparación de las soluciones nutritivas.....	45
Cuadro 11. Altura de planta (cm) de crisantemo bajo diferentes presiones osmóticas y concentraciones de calcio. UAAAN. UL. 2011.....	49
Cuadro 12. Numero de hojas durante el crecimiento del crisantemo ¹ variedad Indianápolis bajo diferentes presiones y concentraciones de calcio. UAAAN. UL. 2011.	51
Cuadro 13. Diámetro de tallo (mm) durante el crecimiento de crisantemo ¹ variedad Indianápolis bajo diferentes presiones y concentraciones de Calcio UAAAN. UL. 2011.....	52
Cuadro 14. Tiempo de Emergencia del Botón Floral en plantas de crisantemo bajo diferentes presiones osmóticas y concentraciones de calcio. UAAAN. UL. 2011.	54
Cuadro 15. Tiempo a la producción de crisantemo bajo diferentes presiones osmóticas y concentraciones de calcio. UAAAN. UL. 2011.	55
Cuadro 16. Peso fresco de la Inflorescencia de crisantemo bajo diferentes presiones osmóticas y concentraciones de calcio. UAAAN. UL. 2011.	56
Cuadro 17. Peso seco de la Inflorescencia bajo diferentes presiones osmóticas y concentraciones de calcio. UAAAN. UL. 2011.....	57

I INTRODUCCION

La floricultura es una actividad altamente remunerada que genera demanda de mano de obra. La producción de los cultivos ornamentales atrae a los grupos o personas que se dedican al cultivo de esta especie, debido a su alta demanda y alto precio, en el mercado nacional e internacional (SAGARPA, 2005; Zamudio, 2008). El crisantemo (*Dendranthema grandiflorum ramat Kitamura H.*) es una de las flores de mayor demanda entre las especies ornamentales por la gran variedad de color de la flor, ya que ésta característica es su máxima atracción Su producción para flor de corte, requiere de la provisión continua en tiempo y forma de material inicial, de excelente calidad fisiológica y sanitaria (SAGARPA, 2005; Enríquez *et al.*, 2005; Fernández *et al.*, 2007; Vences *et al.*, 2009). En México, los principales estados productores ornamentales, de crisantemo son el Estado de México, Puebla, Morelos, Guerrero, Michoacán, Veracruz, Guanajuato, y Oaxaca el estado de México que aporta el 84% de la producción nacional de la flor de crisantemo (Soto y Armando, 2006).

Uno de los problemas que enfrenta la floricultura mexicana es la disminución del rendimiento y la calidad de la producción, debido a un desbalance nutrimental, resultado de una fertilización inadecuada o ineficiente (Gaytan *et al.*, 2005). Razón por la cual la investigación relacionada con la floricultura toma importancia en la búsqueda de métodos o tecnología que permita incrementar y

mejorar la producción de flor de crisantemo. Existen pocos estudios relacionados con la producción y mejoramiento de cultivos florales (Huerta, 2003), En el presente trabajo se evaluaron tres diferentes presiones osmóticas - 0.72, -0.92 y -1.12 MPa y diferentes concentraciones de calcio 7, 9 y 11 me L⁻¹ en la solución nutritiva sobre el crecimiento y desarrollo vegetativo del crisantemo (*Dendranthema grandiflorum Ramat Kitamura Harman*).

1.1 Objetivos

Evaluar el efecto de diferentes presiones osmóticas y concentración de calcio en la solución nutritiva sobre el desarrollo vegetativo y producción en plantas de crisantemo.

1.2 Hipótesis

La presión osmótica y concentración de calcio en la solución nutritiva no afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas de crisantemo.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de la floricultura

La floricultura es una actividad agrícola importante, debido a la demanda de especies ornamentales. México, ocupa el quinto lugar a nivel mundial en superficie cultivada en producción de flor, después de Japón, Italia, Holanda y los Estados Unidos. La actividad principal, se basa en la venta de cultivares unifloras lo cual es estacional, prácticamente reducido a la festividad de todos los Santos. Sin embargo, el crisantemo puede actualmente ser comercializado casi todo el año como flor cortada y como planta ornamental en maceta. La flor de crisantemo se ubica después de la rosa seguido del clavel (SIAP, 2012). Los principales estados productores en nuestro país son: Morelos, Guanajuato, Estado de México (SIAP, 2012).

En México actualmente existen 14,400 hectáreas cultivadas con flor. La horticultura ornamental se enfoca a producir flor, plantas y árboles en contenedor (maceta o bolsa) o en plantación al suelo, bajo alguna de las siguientes modalidades: invernadero o bajo malla sombra (Sánchez *et al.*, 2004). En México, el campo de la floricultura tiene gran potencial, gracias a las condiciones climáticas favorables en algunas regiones para el desarrollo de esta actividad y su cercanía geográfica con Estados Unidos, segundo consumidor de flor en el mundo. Lo anterior permite enviar su producto vía

terrestre y mantener su calidad, lo que no tienen otros países productores (ASERCA, 2008). México bajo condiciones de campo cultiva 21,129 hectáreas de las 364,451 has., del total mundial, destacando Europa: Holanda, Italia, España y Reino Unido; del medio este Israel; África: E.U.A, Brasil, México, Colombia, Ecuador, y Costa Rica (Zamudio, 2008).

2.1.1 Importancia mundial

El principal exportador de flor crisantemo en el mundo es Holanda que tiene el primer lugar seguido por Colombia, Israel, Ecuador, Italia y el resto de las exportaciones de crisantemo se divide en otros países que no cuentan con gran volumen de exportación. Estos países son los principales productores y exportadores de crisantemo ya que cuentan con alguna ventaja para producir crisantemo a bajo costo y venderlo al mercado internacional (Orozco, 2007). La importancia de la flor cortada como rubro de exportación es alto para Colombia y Ecuador, siendo menor para Costa Rica y Perú y mínima para Brasil, México y otros países. Exportaciones no tradicionales sólo se realizaron en Colombia y Ecuador en períodos diferentes en 1998. Estos países ocuparon el segundo y cuarto lugar, respectivamente, en exportación de flor cortada a nivel mundial (Kouzmine, 2000). De una perspectiva macroeconómica en Colombia la floricultura es un sector importante por ser el segundo producto agrícola de exportación después del café y cuarto producto de exportación a nivel general, después del café, petróleo y carbón (Orozco, 2007).

2.1.2 Importancia nacional

En México la horticultura ornamental se realiza principalmente en 12 estados de la República Mexicana siendo estos: Baja California Norte, Chiapas, Colima, Distrito Federal, Jalisco, Estado de México, Morelos, Puebla, Veracruz, Yucatán, Michoacán, y Guerrero (SAGARPA-FAO, 2002). A nivel nacional se cultivan 21,129 hectáreas de plantas en contenedor (maceta bolsa), flor de corte, follaje de corte, arboles, frutos, arbustos, enredaderas, setos, cubre suelo y exóticos entre otras (Zamudio, 2008).

En México, se producen alrededor de 50 tipos de flor, pese a la gran variedad que se pueden producir, el comercio exterior se centra en un número reducido, destacando la Rosa, Gladiola, Statice, Margarita (crisantemo) y Clavel, entre otras. El sector florícola nacional, está siendo impulsado por el Gobierno Federal y Gobiernos Estatales, a través de programas de apoyo para hacer del sector una actividad rentable con miras a conquistar el mercado internacional, ofreciendo flor de calidad a precio atractivo, así como al mercado nacional e incrementar la cultura de la floricultura de calidad en el consumidor mexicano (ASERCA, 2008).

El Estado de México es el principal productor de flor en el país, con un volumen de más de 29 millones 661 mil toneladas en 2005, equivalente a un 88 % de la producción nacional de flor en ese año, participando con más de las tres cuartas partes de la exportación nacional de flor de corte. La imagen de la flor mexicana empieza a ofrecer una nueva cara, no sólo por su volumen, sino también con estándares de calidad que demanda el mercado internacional exige (SAGARPA, 2004).

En México la producción de ornamentales genera 3,600 millones de pesos, en variedades como Gladiolo, Crisantemo y Rosa, además de plantas de ornato y forraje. El 80 % se destina al mercado nacional y el resto a exportación. Sin embargo, México se encuentra por debajo del consumo promedio anual per cápita de plantas ornamentales, lo cual puede revertirse si se logra llegar a más consumidores (ASERCA, 2008).

En México existen aproximadamente 10 mil productores dedicados al cultivo de flor, con una extensión cercana a las 22 mil hectáreas, de las cuales 52 % (12,884 hectáreas), se dedican al cultivo ornamental; mientras que el 48 % restante se destina a otro tipo de industria, como la cosmética y alimentaria. Entre las entidades más importantes en producción de ornamentales están: Baja California, Coahuila, Colima, Chiapas, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Estado de México, que destaca en forma considerable. (SAGARPA-FAO, 2002).

2.1.3 importancia regional

A nivel regional en el estado de Coahuila se siembra una superficie de 2 hectáreas de diferentes variedades de flor lo cual se siembra bajo cielo abierto con un valor de producción de \$ 88,500.00 (SIACON, 2004).

2.2 Origen

El crisantemo es originario de Asia oriental y su valor ornamental es apreciado por la diversidad de formas y color de su flor (Dole y Wilkins, 2005). Se cultiva

como ornamental desde hace dos mil años y su nombre se deriva del griego y significa “flor dorada”. A Europa llegó a través de Francia en el último tercio del siglo XVIII. Los primeros cultivos en España se establecieron a inicios del siglo XIX. El crisantemo actualmente cultivado es un híbrido complejo. La mayoría de las especies de las cuales se han generado los cultivares actuales son originarias de China como *Chrysanthemum indicum*, *Chrysanthemum morifolium* y *Chrysanthemum x hortorum*. Actualmente aparece bajo la denominación de *Dendranthema grandiflorum (Ramat) Kitamura* (Dole y Wilkins, 2005; IAPT, 2010). En México, el cultivo del crisantemo es importante en la floricultura como flor de corte, y ocupa el tercer lugar después de la rosa y el clavel. En nuestro país en 2009 se establecieron 2,376.75 hectáreas con una producción de 10, 910,425.00 toneladas cuyo valor fue de \$ 1,426,395.12 siendo el principal productor el estado de México (AEPA, 2010).

2.2.1 Taxonomía y morfología

El crisantemo es una herbácea perenne de características erectas, que se cultiva por su espectacular flor. Planta originaria de Japón que posee hojas aromáticas de color verde oscuro. La clasificación taxonómica del crisantemo se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del crisantemo.

Phylum	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Genero	<i>Dendranthema</i>
Especie	<i>D.grandiflorum (Ramat) Kitam.</i>

Fuente: IAPT, 2010

2.2.2 Características botánicas

Es una planta que puede cultivarse todo el año, como flor cortada, ya que se puede programar su floración (Grijalva, 2011). Las características físicas del crisantemo son las siguientes:

Raíz: Pivotante en origen, pero a medida que se desarrolla, se convierte en fasciculada compuesta por gruesas raíces de las que parten numerosas raicillas.

Tallo: Son muy ramificados, y su altura puede llegar a 90 cm.

Hojas: Estas pueden ser lobuladas, dentadas, ligulosas o rugosas, el color puede variar entre un verde claro a un oscuro, recubiertas de un polvillo blanquecino que le da a la hoja un aspecto grisáceo, siendo casi siempre aromáticas (Chamorro, 2002).

Flor: La flor de crisantemo se agrupa en inflorescencia distintiva de las familia *Asteraceae* llamadas capítulos, se caracterizan porque el eje floral es corto, ensanchado y dilatado que recibe de receptáculo, cuya periferia está cubierta de brácteas de color verde llamada en conjunto involucre, la parte superior puede ser plana, cóncava, cónica y sobre ella están las flores sésiles o subsésiles muy próximas entre sí (Gutiérrez *et al.*, 2007). Estos capítulos son utilizados vulgarmente como flores sencillas, aunque en realidad está compuesta por numerosas florecillas. En el receptáculo puede haber un solo tipo o dos de flores, liguladas en la periferia y tubulares en el centro. Las flores en el interior también se llaman floclares y son las estructuras fértiles de la planta envuelta por pétalos soldados a la base que forman una corola tubular (Gutiérrez *et al.*, 2007).

Las formas de inflorescencia se clasifican según (Chamorro, 2002), en:

- 1.- Sencilla tipo margarita, compuesta de una o dos hileras de flor pistilada exteriores radiales) y flor planas bisexuales concéntricas en el centro.
- 2.- Anemona, similar a las de forma sencilla excepto que la flor es concéntrica alargada y tubular, formando un cojín. La flor concéntrica puede ser del mismo color o de uno diferente al de la flor radial.
- 3.- Pompón, con cabeza globular formada de flor radial corta y uniforme, no hay flor concéntrica.
- 4.- Decorativa, similar a los pompones, presenta principalmente flores radiales, pero las hileras exteriores son más largas que las centrales, dando a la inflorescencia una forma plana e irregular.

5.- Flor grande mayor de 10 cm clasificada de diferente forma incurvada doble, doble reflejo, flor radial tubular.

2.3 Propagación del cultivo de crisantemo

2.3.1 Semillas

La propagación por semilla es utilizada para la creación de nuevas variedades principalmente en los que se refiere *Chrysanthemum x hortorum* en el cual la fecundación se clasifica en dos tipos (Vences *et al.*, 2009) en:

Fecundación natural. Las plantas obtenidas por este método suelen ser inferiores a la planta madre, presentando caracteres degenerativos por lo tanto el capítulo se presenta en flores simples.

Fecundación artificial. Este método se presenta principalmente en invernadero ya que se enfrentan al problema de sustitución artificial de los insectos y viento ya que son los principales transportadores naturales de polen en los cultivo (Enríquez *et al.*, 2005).

2.3.2 Esquejes

En el caso del crisantemo la multiplicación se efectúa mediante estacas obtenidas de plantas madres seleccionados por la formación de la progenie, capacidad de cosecha y vigor mantenidas bajo condiciones de día largo con la finalidad de inhibir la formación de botones florales (Carvalho *et al.*, 2001., Larsón, 2004). Los esquejes tienen una longitud de 8-10 cm, pueden colocarse directamente en el medio para enraizamiento o almacenarse a baja temperatura (0-3°C), durante seis semanas, para evitar la deshidratación se utilizan cajas de

cartón forradas de polietileno, además se debe aplicar un fungicida de amplio espectro para prevenir la presencia de enfermedades como Botrytis y Roya (*puccinia horiana*) se pueden usar estaquillas obtenidas a partir de los brotes que se desarrollan en la base del tallo. Los esquejes recolectados son sometidos a un tratamiento de agua caliente (48°C durante 6 minutos ó 43.5°C durante 20 minutos), para prevenir enfermedades y plagas. Los esquejes seleccionados son empacados apretadamente con plástico, colocando aserrín limpio o algún otro material (Chamorro, 2002). Los sustratos más utilizados para el enraizamiento de estacas de crisantemo son principalmente mezclas a base de turba con otros productos como perlitas, vermiculita y arena (Carvalho *et al.*, 2001).

2.3.3 Enraizamiento de esquejes

Normalmente se lleva a cabo en invernadero, preferentemente en bandeja de propagación, aunque muchos productores utilizan bancos, que deben ser desinfectados, con vapor o formol (preferentemente vapor). Al terminar la temporada del cultivo el tiempo ahorrado es notorio, pero el problema principal es mantener la calidad, ya que la diferencia que existe es que no son uniformes en tamaño, forma y floración bajando la calidad y valor de la planta (Chamorro, 2002).

2.3.4 Temperatura

Uno de los requerimientos para que el crisantemo produzca brotes y flor, es una temperatura, de 18 °C, esto varía según la variedad, algunas necesitan para

florear y emerger brotes, temperatura de 13 °C, otros requieren temperatura más cálida de 15 a 17 °C, para variedades comerciales en macetero o flor cortada (Chamorro, 2002).

2.4 Fotoperiodo

El crisantemo se clasifica como una planta de día corto, que inicia la floración cuando el fotoperiodo es inferior a 14.5 horas; este es su fotoperiodo crítico inductivo, por lo que para mantener su condición vegetativa requiere un fotoperiodo mayor de 14.5 horas (Karaguzel, 2004).

El crisantemo es una especie con alta respuesta al fotoperiodo, lo que permite prolongar su estado vegetativo, mediante el suministro de días largos, obteniéndose, por lo tanto flor con tallo largo y frondoso cumpliendo así los estándares de calidad internacionales de comercialización, el suministro de luz incrementa la longitud de tallo comparada con luz natural (Karaguzel, 2004). La iluminación con lámparas de tungsteno aparentemente resulta efectiva para retardar la floración la luz suplementaria debe ser suministrada en la mitad del periodo oscuro, sin que este exceda cinco horas continuas (Chica, 2005).

Los crisantemos tienen dos fases de crecimiento la vegetativa (Formación de hoja) y la de floración. En la fase de desarrollo vegetativo es recomendable someter a la planta a largos periodos de luz (mayor a 12 horas) para favorecer el crecimiento de tallos (Palacios y Cárdenas, 2007). En el caso del crisantemo la floración es determinada por la 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; además, la mayor parte florece en un periodo

de 6 a 8 semanas después de iniciado el desarrollo floral. En niveles bajos de luz (intensidad luminosa) en latitudes norte disminuye su calidad y propician crecimiento reducido del crisantemo en invernadero problema que se resuelve usando lámparas de 100 watts colocadas a una distancia de 1.3 m arriba de las plantas con un espaciamiento de 1.8 m (Palacios y Cárdenas, 2007). Cuando las plantas alcanzan la longitud de tallo deseado se les da tratamiento de día corto. La luz que proporcione los días largos (invierno) se apaga o bien las plantas se cubren con tela oscura durante los días largos y naturales (verano). La tela puede ser satín o polietileno negro. El oscurecimiento se da por un mínimo de 12 horas de (7 p.m. a 7 a.m.). Un calor arriba de 30°C bajo la tela negra retarda la iniciación floral (Carrillo, 2009). El oscurecimiento debe aplicarse de 21 a 28 días cortos consecutivamente para crisantemos estándar y 42 días para tipo Spray, después de 14 días cortos consecutivos el capítulo de la inflorescencia está completamente formado, la alta temperatura del día y noche se presentan cerca de la madurez y pueden adelantar la cosecha hasta 5 días pero disminuye la calidad de la flor en 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 floral (Carrillo, 2009).

2.4.1 Principales sistemas de iluminación artificial

2.4.1.1 Lámparas incandescentes

Producen luz por fenómenos de incandescencia del filamento calentado por el paso de la corriente eléctrica. Buena parte del espectro se halla en la zona del rojo/rojo lejano produciendo gran cantidad de calor y mucho consumo de electricidad (Pelacho *et al.*, 2002).

2.4.1.2 Lámparas de vapor de mercurio

Producen luz (blanca, azul y verde) por el paso de la corriente eléctrica a través de gases calientes de mercurio a alta presión. Se utilizan durante el período de crecimiento de las plantas por su alta emisión en la zona azul del espectro, pero son pobres en la zona roja por lo que no favorece la floración, son muy eficientes en el consumo de electricidad (Escobar, 2000).

2.4.1.3 Lámparas Fluorescentes

Producen luz principalmente azul y roja, son adecuadas para el crecimiento, de vástagos y enraizar esquejes. Se recomiendan especialmente durante las primeras etapas de las plantas, son económicas, tienen elevado rendimiento luminoso y no emiten demasiado calor. El principal problema es que ocupan mucho espacio (Pelacho *et al.*, 2002).

2.5 Plagas del crisantemo

2.5.1 Trips (*Frankliniella fortissima*)

Es la plaga principal del crisantemo y se ha determinado la presencia de más de 15 especies asociadas a este cultivo provocando daño a hojas y flores cuando empiezan a abrir los capullos florales. Los sitios atacados presentan manchas blanquecinas decoloradas de forma irregular, lo que favorece la presencia de esta plaga son condiciones de humedad baja y temperatura alta (Huerta y Chavarin, 2002).

2.5.2 Mosquita blanca (*Bemisia tabaci spp.*)

La mosquita es plaga polífaga que ataca especies ornamentales, hortalizas cultivos básicos y frutales, ocasionando amarillamiento de las plantas, las cuales detienen su crecimiento e incluso pueden llegar a morir cuando la población es alta (Ortega, 2002). Un daño adicional es la mielecilla producto de su metabolismo que permite la proliferación de hongos como fumagina u hollín hongos que interfieren con la fotosíntesis reduciendo el vigor de la planta. El daño más importante es cuando actúan como vectores de virus (Ortega, 2002).

2.5.3 Minadores (*Liriomyza huidobrensis L.*)

Estas especies son polípagas, entre las plantas hortícolas mas atacadas están el tomate, calabaza, lechuga, frijol y apio; mientras que en las ornamentales se encuentran el áster, crisantemo y Gipsófila, Los daños son ocasionados por las larvas y las galerías que producen en las hojas afectan la capacidad

fotosintética de la planta reduciendo el valor comercial del cultivo (He *et al.*, 2002).

2.6 Nutrición mineral

Es el proceso que permite a los vegetales absorber del medio ambiente y asimilar los nutrientes para sus distintas funciones fisiológicas (crecimiento, desarrollo y producción). Son aquellos elementos esenciales para la ocurrencia de un ciclo de vida completo, involucrados en funciones metabólicas o estructurales de las cuales no pueden ser sustituidos, y cuya deficiencia se asocia a síntomas específicos aunque no inconfundibles. Los minerales esenciales incluyen al C, H, O, N y S (principales constituyentes de la materia orgánica), P, B, y Si (estratificados con alcoholes en las plantas), K, Na, Mg, Ca, y Cl (absorbidos como iones de la solución del suelo) y Fe, Cu, Zn y Mo (absorbidos como iones o quelatos). La inclusión mas reciente al grupo de los minerales esenciales es el Níquel involucrado en el metabolismo de la urea y ureidos. Además, la absorción de Fe, viabilidad de la semilla, fijación de N y crecimiento reproductivo (Mengel y Kirkby, 2009).

La nutrición en las plantas se enfoca hacia el crecimiento, sin embargo se deben de tomar en cuenta las interacciones entre los nutrientes que pueden ser identificados considerando los efectos de incrementar la concentración de nutrientes en la absorción de otro nutriente y la respuesta del cultivo (Frageria, 2001).

Las plantas que reciben una nutrición mineral balanceada son más tolerantes a las enfermedades es decir tienen mayor capacidad para protegerse de nuevas infecciones y de limitar las ya existentes que cuando uno o más nutrientes son abastecidos en cantidades excesivas o deficientes es evidente que la severidad de muchas enfermedades de las plantas pueden reducirse mediante control químico, biológico, genético o incrementarse con la propia nutrición (Velasco, 2000).

En cuanto a requerimientos nutricionales del crisantemo es un cultivo exigente referido a las cantidades de nitrógeno fosforo y potasio necesarias para la obtención de flor y plantas de optima calidad (Cuadro 2). Cuando existen deficiencias, aplicaciones moderadas no remedian, los trastornos ocasionados, por lo cual, luego de la siembra de los esquejes se recomiendan utilizar fertilizantes con alto contenido de nitrógeno, potasio y otros micro elementos, manteniendo un pH entre 5.5 y 6.5 (Santana *et al.*, 2002).

Nitrógeno

El N es óptimo cuando se fertiliza temprano en el ciclo de crecimiento ya que no es necesario una fertilización adicional después de que las inflorescencias alcanzan entre 1 y 1.5 cm la fertilización tardía es un desperdicio y un exceso de N induce hojas quebradizas no solo en crisantemos sino también en otros cultivares, debe haber un contenido adecuado de N (4.5 y 6 %) para ser utilizado las plantas. En el caso del crisantemo variedad Albatros en los primeros 80 días las plantas crecen rápidamente y requieren gran cantidad de

N, en los últimos 20 días la inflorescencia crece rápidamente y los nutrientes se transportan desde las hojas (Carrillo, 2009).

Potasio

La principal función del K es mantener la turgencia fisiológica coloidal en el plasma vegetal, lo cual es imprescindible en el metabolismo de la planta. La gran mayoría las plantas pueden asimilar fuertes dosis de K sin que muestren daño por exceso. (Borges *et al.*, 2006).

Fosforo

El P es absorbido por las plantas en forma del ion primario ortofosfato (H_2PO_4) y en menores cantidades como ion ortofosfato (HPO_4^{-2}). Las cantidades absorbidas son afectadas por el pH del medio que rodea a la raíz. El P influye fuertemente en la floración y fructificación de las plantas así como en el desarrollo radical y aceleración de la madurez los fosfatos son altamente móviles y pueden ser translocados hacia la parte inferior o superior de la planta. Las hojas jóvenes son abastecidas de P por la raíz y hojas más viejas (Carrillo, 2009). Fisiológicamente, el P participa en procesos enzimáticos (transferasa, oxido reductasa y liasas); y es la parte esencial de muchos compuestos glucofosforados que participan en la fotosíntesis, respiración y otros procesos metabólicos; que forman parte de los nucleótidos de las membranas. Es esencial en el metabolismo energético debido a su presencia en las moléculas de ATP Y ADP (Salisbury y Ross, 2000).

Calcio

El Ca es absorbido por las plantas en su forma catiónica Ca^{2+} elemento que se considera poco móvil en la planta (Carrillo, 2009). Una de sus funciones radica en la división y crecimiento celular; así mismo la formación de pectatos de calcio de la lámina media de la célula que interviene en la absorción de nutrientes. Además forma sales con los ácidos orgánicos del interior de las células regulando la presión osmótica, interviene en la formación de lecitina, fosfolípido importante de la membrana celular y su permeabilidad actúa en la división mitótica de las células en meristemas (puntos de crecimiento) y absorción de nitratos la aplicación de calcio en la flor retarda la senescencia al dar estabilidad a las membranas celulares y aumentar la tolerancia al estrés ambiental. Los síntomas de deficiencia de calcio son la reducción de tejidos jóvenes y brotes, los cuales aparecen deformes y cloróticos (Dios *et al.*, 2006).

Magnesio

El Mg es considerado un nutriente secundario, activador de sistemas enzimáticos y la mayor parte de este elemento se encuentra en la savia; cumple funciones en el metabolismo del fosfato y la respiración. El Mg es absorbido en forma de Mg^{2+} , su principal función es que forma parte de la clorofila, pigmento responsable de la fotosíntesis. Nutriente móvil en la planta y es rápidamente traslocado de los tejidos viejos a los nuevos. En general las partes de las plantas con crecimiento nuevo contienen alta concentración de Mg. La deficiencia de este elemento se observa primero en las hojas más viejas al perder coloración entre las nervaduras apareciendo bandas "V", además se

pueden volver quebradizas y doblarse hacia arriba, así como ser mas delgadas de lo normal. Las puntas y bordes pueden tornarse rojizo-purpura en deficiencia severa la cantidad de Mg requerida por las plantas normalmente es menor que la del K o Ca similar a la cantidad requerida de P o S (Borges *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Niveles adecuados de nutrimentos esenciales (*Dendranthema grandiflorum* Ramat Kitamura H).

Elemento	Nivel bajo	Nivel suficiente %	Nivel alto
N	3.80-3.90	4.00-6.0	>6.0
P	0.22-0.24	0.25-1.0	>1.0
K	3.60-3.90	4.00-6.0	>6.0
Ca	0.70-0.90	1.00-2.0	>2.0
Mg	0.20-0.24	0.25-1.0	>1.0
S	0.20-0.24	0.25-0.7	>0.7
B	21-24	25.75 ppm	>75
Cu	4-5	6-30 ppm	>30
Fe	40-49	50-525 ppm	>250
Mn	30-49	50-525 ppm	>250
Zn	18-19	20.250	>250

Fuente: Bugarin, 2011.

2.6.1 Solución nutritiva

Las soluciones nutritivas han sido creadas para crecer plantas en cultivo sin suelo y su composición química varia ampliamente (Ortega, 2010). La solución nutritiva consiste en agua con oxígeno y nutrimentos esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de fierro forman parte de la solución nutritiva, la pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de los nutrimentos, puede ocasionar su deficiencia en la planta, además de un desbalance en la relación mutua entre los iones. Es esencial que la solución nutritiva tenga la proporción adecuada, para que las plantas absorban

los nutrimentos; en caso contrario, se producirá un desequilibrio entre los nutrimentos, lo que dará lugar a un exceso o déficit en el medio de cultivo y afectará la producción (Favela *et al.*, 2006).

En la solución nutritiva todos los elementos esenciales (con excepción del carbono, oxígeno e hidrógeno), son suministrados de manera asimilable para la raíz de las plantas; esto se logra disolviendo los fertilizantes en agua donde se disocian y quedan de forma iónica (Carrillo, 2009). Sin embargo no existe una formulación única, dado que las concentraciones óptimas de elementos depende de varios factores: especie, variedad y etapa fenológica cada especie vegetal que se cultiva en hidroponía requiere de una solución con características específicas (Villegas *et al.*, 2005). Las principales características que influyen en el desarrollo del cultivo y su producto de importancia económica son: la relación mutua entre aniones y cationes concentración de nutrimentos, pH, relación NO_3^- NH_4^+ y la temperatura de la solución nutritiva. La temperatura de la solución nutritiva influye en la absorción de agua y nutrimentos, la temperatura óptima es de 22°C a medida que vaya disminuyendo de igual manera disminuye la absorción y asimilación de los nutrimentos. Además se explica que la temperatura de la solución nutritiva tiene un mayor efecto en la absorción de P que de N y en agua con temperatura menor de 15°C hay presencia de deficiencia de Ca^{2+} , P y Fe^{2+} a baja temperatura la suberización de la endodermis se extiende hacia el ápice de la raíz influyendo en la absorción de los nutrimentos (Ortega, 2010).

2.6.2 pH de la solución nutritiva

El pH de la solución nutritiva es una propiedad inherente de la composición mineral, el pH óptimo de la solución nutritiva es entre 5.5 y 6.0. El

pH de la solución nutritiva se controla para neutralizar la presencia de bicarbonatos en el agua de riego ya que estos iones producen un elevado pH, y un alto contenido en la zona radical provoca la inmovilización del P, Mn y Fe (Favela *et al.*, 2006). En un alto pH, en la solución nutritiva, el Ca y Mg pueden precipitarse con el HPO_4 (Amiry y Sattary, 2004).

2.6.3 Conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva

Existe una relación directa entre la concentración de nutrimentos y conductividad eléctrica de la solución nutritiva. Al aumentar la conductividad eléctrica la planta debe destinar mayor energía para absorber agua y nutrimentos este desgaste de energía puede ser en detrimento de energía metabólica el conjunto de estos fenómenos puede ser reflejado en una disminución del desarrollo de la planta la conductividad eléctrica de la solución nutritiva influye en la composición química de las plantas, al aumentar la conductividad eléctrica aumenta la concentración de K^+ en las plantas a expensas principalmente del Ca^{2+} . También se incrementa la concentración de P y en menor medida la de NO_3^- , ambos a costa del SO_4^{-2} . Este comportamiento se presenta independientemente de la etapa de desarrollo (Carrasco *et al.*, 2007). Una solución nutritiva con conductividad eléctrica menor que lo requerido por la planta (menor de 2 dS m^{-1}), puede inducir deficiencias nutrimentales. Al aumentar la conductividad eléctrica de la solución nutritiva a

más de 6 dS m^{-1} además de inducir una deficiencia hídrica, aumenta la relación de K^+ : ($\text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+$), ocasionando desbalance nutrimental. No todos los nutrimentos son afectados en igual medida. Los que se mueven por flujo de masas como el Ca^{2+} y en menor medida el Mg^{2+} se absorben en menor cantidad de esta manera se puede inducir deficiencia de Ca^{2+} (Flores *et al.*, 2005). La conductividad eléctrica apropiada para la producción de tomate está estrechamente relacionada con las condiciones ambientales (Humedad relativa, temperatura y luz), las plantas toleran mayor conductividad eléctrica en invierno que en verano la respuesta que presentan las plantas a la conductividad eléctrica es diferente, existen variedades de tomate adaptadas para ser nutridas con solución de conductividad eléctrica elevada, lo cual permite su explotación con agua salina no apta para ser usada en campo al aumentar la conductividad eléctrica de la solución nutritiva se obtiene, un menor rendimiento, un incremento en la calidad de los frutos: firmeza, contenido de sólidos solubles y acidez (Lara, 2000).

2.6.4 Características químicas de las soluciones nutritivas

La principal influencia de la solución nutritiva es en el crecimiento, rendimiento y calidad de los productos vegetales de interés como el tomate, lechuga, pimiento, crisantemo, clavel, frijol y avena. Los requisitos a cumplir en la solución nutritiva según (Juárez, 2010) son:

- 1.- Relación mutua de cationes ($\text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$)
- 2.- Relación mutuas de aniones ($\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{SO}_4^{2-}$).
- 3.- Una concentración iónica total.

4.- Presión osmótica.

5.- Un PH con tolerancia de ± 0.1 .

Una solución nutritiva universal fue elaborada por Steiner, la cual se distingue por relaciones aniónicas y catiónicas particulares, concentración iónica total y un pH deseado. Las relaciones mutuas entre los aniones y cationes, ambas en equivalentes son dadas como universales; solución probada en diferentes cultivos con éxito, los nutrimentos están disponibles para la planta cuando se trata de soluciones nutritivas verdaderas; es decir cuando estas son homogéneas en todas sus partes y que la formula química coincida con su análisis químico los iones con mayor riesgo de precipitación son Ca^{2+} , H_2PO_4^- y SO_4^{2-} . La precipitación de nutrimentos en la solución puede provocar deficiencia en la planta y afectar de manera negativa la absorción de las mismas por el desbalance en las relaciones mutuas entre los iones (Juárez, 2010).

El funcionamiento normal del organismo vegetal ocurre con una determinada relación de cationes y aniones en la solución nutritiva; el crecimiento de los órganos aéreos de la planta y desarrollo del sistema radical dependen del equilibrio fisiológico de la solución nutritiva las características de la solución nutritiva que más influencia tienen en el crecimiento, rendimiento y calidad de los productos vegetales de interés antropogénico son: la relación mutua de cationes ($\text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), la relación mutua de aniones ($\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{SO}_4^{2-}$), la concentración total de iones y el pH la solución nutritiva universal consiste de: NO_3^- , 12 me L^{-1} ; H_2PO_4^- , 1 me L^{-1} ; SO_4^{2-} , 7 me L^{-1} ; K^+ , 7 me L^{-1} ;

Ca^{2+} , 9 me L⁻¹; y Mg^{2+} , 4 me L⁻¹, cuando el potencial osmótico es -0.072 MPa y el pH es 6.5 (Villegas *et al.*, 2005).

2.6.5 Concentración de calcio en las plantas

La mayoría de las funciones del calcio como componente estructural de macromoléculas están relacionadas con su capacidad de coordinación es un mensajero en la transducción de señales externas, por la cual provee enlaces intermoleculares estables pero reversibles, con predominancia en las paredes celulares y membrana celular una concentración alta de calcio estimula la actividad de la enzima α -amilasa en la germinación de la semilla de cereales (Marschner, 2002). El calcio está implicado en el funcionamiento del floema (Eckardt, 2001) y en la formación de la membrana celular durante la mitosis (Villegas *et al.*, 2005), reduce la tasa de senescencia de las plantas y la maduración del fruto de tomate regula la expresión de ciertos genes (Pandey *et al.*, 2000), activa las hormonas del crecimiento vegetal, modifica selectivamente el transporte de cationes a través de la membrana, está involucrado en el movimiento de la hoja de *Mimosa*, transporte de auxinas, abscisión, senescencia, secreción de protones mediado por auxinas, alteraciones ultra estructurales en la membrana, daños a la membrana y aflojamiento, fototaxis en *Chlamydomonas*, movimiento de cloroplastos en *Mougeotia*, afecta la actividad de las enzimas piruvato kinasa, lipasa alcalina, fosfolípido acil-hidrolasa, glutamato dehidrogenasa, NAD kinasa y el transporte microsomal de Ca^{2+} la carencia de calcio se manifiesta en una capacidad menor de síntesis de proteínas en la planta y desarrollo radical: se forman raíces oscuras, cortas y

fraccionadas, influyendo directamente en la absorción de otros elementos; correlativamente, se nota en las hojas una clorosis marcada, principalmente en las jóvenes; poco crecimiento de los tallos y las hojas, produciéndose, además, muerte en el meristemo; las plantas crecen y se desarrollan menos (Villegas *et al.*, 2005).

2.6.6 Efecto de la presión osmótica en el desarrollo y crecimiento de las plantas

La cantidad total de los iones de sales disueltas en la solución nutritiva ejerce una fuerza llamada presión osmótica (PO); a medida que aumenta la cantidad de iones se incrementa esta presión (Favela *et al.*, 2006) La presión osmótica de la solución nutritiva constituye un factor importante para el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas (Flores *et al.*, 2005). Representa la masa molecular total (concentración iónica total) de soluto en una solución (Sherman *et al.*; 2001), e influye significativamente en la absorción de los iones por las plantas. La presión osmótica es una propiedad físico-química de las soluciones nutritivas la cual depende de la cantidad de partículas o solutos disueltos en general el tomate es una especie con capacidad de soportar y seleccionar Independientemente de la relación mutua de los iones en la solución nutritiva (Villegas *et al.*, 2005). La concentración iónica total y presión osmótica son una característica de gran importancia en la solución nutritiva, ya que una alta presión osmótica disminuye la energía libre del agua por lo tanto restringe la absorción de agua y algunos nutrimentos y por lo tanto el crecimiento y la nutrición, una alta presión osmótica requiere que la planta realice un ajuste

osmótico para mantener un gradiente favorable para la absorción de agua y nutrientes dando como resultado disminución del crecimiento del vástago de la planta. Una baja presión osmótica en la solución nutritiva puede inducir deficiencia nutricional y por lo tanto afectar el crecimiento del vástago (Preciado *et al.*, 2003). Se ha observado necrosis en el borde de las hojas en las plantas de crisantemo a una elevada presión osmótica al disminuir el potencial osmótico de la solución nutritiva, además de inducir un déficit hídrico en la planta también puede ocasionar deficiencia y desbalance nutricional no todos los nutrientes son afectados en igual medida por este fenómeno los que se absorben por flujo de masas, como Ca^{2+} y el Mg^{2+} son los que se absorben en menor cantidad. Al disminuir el PO en la solución puede provocar deficiencia principalmente de Ca^{2+} en crisantemo la altura de la planta tiende a ser más compacta en soluciones concentradas mayores a 2.0 dS m^{-1} , pero el crecimiento no es severamente afectado (Flores *et al.*, 2005).

La solución nutritiva está caracterizada por el valor de la conductividad eléctrica (CE) dada en ds.m^{-1} los macroelementos expresados en me/litro y los microelementos en mg/litro para determinar la presión osmótica (PO) de la solución nutritiva. Una manera indirecta y empírica para determinar la presión osmótica de la solución nutritiva es la conductividad eléctrica (Ce), que indica el total de sales disueltas en el agua; multiplicando la conductividad eléctrica de la solución nutritiva por 0.36 en cambio la presión osmótica de la solución nutritiva se calcula multiplicando el número total de mili moles por el factor 0.24 a concentración del total de concentración de iones = $\text{PO}/0.024$ iones. Las concentraciones dadas por los microelementos corresponden a una relación

aniónica expresada $A = \sum (\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{SO}_4^{2-})$ y a una relación catiónica denominada $C^+ \sum = (\text{K}^+ \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$. Una solución nutritiva puede ser calculada solo si la relación entre aniones y cationes A: C ocurre (Martínez *et al.*, 2009).

Un alto contenido de sales disueltas en la solución nutritiva aumenta el efecto osmótico y disminuye la disponibilidad de agua fácilmente utilizable por la planta en el medio del cultivo, lo que afecta la absorción de Ca, y da lugar a la pudrición apical de los frutos (Sherman *et al.*, 2001). Además influyen en la relación mutua de aniones en el interior de las plantas ya que al aumentar la presión osmótica se incrementa la proporción de H_2PO_4 y en menor magnitud, la de NO_3 a expensas de los SO_4^{2-} . Es de esperarse que al disminuir la presión en la solución nutritiva se presenten problemas en la absorción del H_2PO_4 por lo tanto se favorece la absorción de agua por la raíz se limita la absorción de iones que se mueven por difusión, como el P, K, y el NH_4^+ ; mientras que las soluciones nutritivas concentradas limitan la absorción de los iones que se mueven por flujo de masas como el NO_3 , Ca y Mg (Favela *et al.*, 2006).

2.6.7 Relación mutua entre aniones

La relación mutua entre iones se basa en que la solución nutritiva debe estar balanceada en sus macro nutrientes para el caso de aniones NO_3^- , H_2PO_4^- y SO_4^{2-} , y los cationes K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , con lo cual se regula la solución nutritiva. La regulación del balance consiste no solo en la cantidad absoluta de iones presentes en la solución nutritiva ya que existe una relación cuantitativa que establecen los iones entre sí por lo tanto si hay una relación inadecuada entre los iones puede disminuir el rendimiento (Favela *et al.*, 2006). La importancia

del balance iónico inicia cuando las plantas absorben los nutrientes de la solución nutritiva diferencialmente la razón de esta variación se debe a las diferentes necesidades de los cultivos (especie y etapa de desarrollo) y diversidad de condiciones ambientales, la restricción de estos rangos, además de ser de tipo fisiológico, es química, lo cual está determinado principalmente por la solubilidad de los compuestos que se forman entre $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$, Ca^{2+} , SO_4^{2-} y Ca^{2+} . El límite de solubilidad del producto de los iones fosfato y calcio es de 2.2 mmol L^{-1} , y del producto entre el sulfato y calcio, de 60 mmol L^{-1} (Juárez 2010). Los nutrientes que demandan las plantas en la relación mutua entre aniones y entre cationes depende de la etapa vegetativa la etapa fenológica se caracteriza por cambios en la actividad bioquímica y en la restauración del metabolismo primario (Preciado *et al.*, 2003). Las fluctuaciones en toda la planta y en la composición química de sus órganos depende de cada etapa fenológica (Lara, 2000). Las plantas son selectivas al absorber nutrientes, lo cual significa que, a pesar de que la solución nutritiva tenga una relación determinada entre aniones y/o cationes. En el caso de suministrar una solución nutritiva de relación arbitraria entre iones, las plantas tienen que absorber en esa misma proporción. La relación original entre iones en la solución nutritiva, en circuitos cerrados, se modifica debido a la absorción de nutrientes por las plantas generalmente se incrementan los SO_4 respecto a los NO_3^- , y el Ca^{2+} respecto al K^+ ; sin embargo, la modificación de la solución nutritiva no es siempre en el mismo sentido, ya que depende también de las condiciones ambientales y etapa de desarrollo. El ambiente influye más en la absorción de SO_4^{2-} que en la de H_2PO_4^- y NO_3^- ; mientras que la absorción de Ca esa

afectada en mayor medida que la de K y Mg, lo cual se debe a los mecanismos de absorción de éstos últimos. En el caso del NO_3 , H_2PO_4 , K^+ , y en menor proporción el Mg^{2+} , las plantas los absorben en forma activa, lo que significa que invierten energía metabólica para absorberlos, (Favela *et al.*, 2006).

2.6.8 Relación mutua entre los cationes

Los macronutrientes que contiene la solución nutritiva en forma de cationes son K^+ + Ca^{2+} y Mg^{2+} . Algunas de las soluciones incluyen al NH_4 pero en concentraciones del 25% la relación mutua entre los cationes contenidos en la planta es dinámica en ontogenia. El K^+ disminuye en forma proporcional al incremento de Ca^{2+} , y el Mg^{2+} sufre pocos cambios (Lara, 2000). La demanda y la absorción de macro nutrientes no son lineales durante el desarrollo de la planta, eso trae como consecuencia que también deba sincronizarse la relación mutua entre los iones de la solución nutritiva, de no hacerlo se genera desbalance nutrimental por ejemplo el antagonismo que sufre K^+ y Ca^{2+} K^+ Mg^{2+} la relación mutua entre cationes varía en función de la etapa de desarrollo de las plantas, lo cual implica que tienen demanda diferencial. A partir de la importancia que el K tiene en la etapa de producción los frutos para favorecer su calidad, en ocasiones genera desbalance entre K con Ca y/o Mg, al suministrar en la solución nutritiva cantidades de K^+ que superan el 45 % de los cationes, lo cual provoca deficiencia de Mg y principalmente de Ca hay que tomar en cuenta los rangos máximos y mínimos de cationes y aniones que deben considerarse con respecto al total de la solución nutritiva Cuadro 4, (Favela *et al.*, 2006). En la elección de una solución nutritiva apropiada en cada

caso, deben considerarse las condiciones del ambiente, debido a la relación existente entre la absorción de Ca^{2+} y agua por parte de la planta. La interacción de los factores ambientales y la relación mutua entre los cationes tiene gran influencia en la nutrición de las plantas. El crecimiento de la planta depende, entre otros factores, del equilibrio fisiológico de la solución nutritiva; por consiguiente, el efecto del Ca^{2+} en las plántulas está en función de la concentración total y de la relación mutua con respecto al total de cationes $\text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (Nava *et al.*, 2009).

Cuadro 3. Porcentaje mínimo y máximo que pueden presentar los aniones y cationes con respecto al total en la solución nutritiva, sin que estén en los límites fisiológicos o de precipitación.

Rango	NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NH_4^+
Minimo	20	1.25	10	10	22.5	0.5	0
Maximo	80	10	70	65	62.5	40	15

Fuente: Manual para la preparación de las soluciones nutritivas (Favela *et al.*, 2006).

Las soluciones nutritivas que se utilizan para la producción de cultivos constan de seis macronutrientes esenciales: tres cationes (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) y tres aniones (NO_3^- , H_2PO_4^- y SO_4^{2-}), y en algunas soluciones NH_4^+ en pequeñas concentraciones (Favela *et al.*, 2006).

2.7 Hidroponía y cultivos tradicionales

Las necesidades de incrementar la producción de alimentos de origen vegetal, restricción de tierras aptas para la producción agrícola, escasez de agua o la mala calidad de esta para usarla en la agricultura son algunas de las causas que estimularon la busca de alternativas para el desarrollo de las plantas las

técnicas de cultivo sin suelo son reconocidas como un componente importante en la agricultura que optimiza el abastecimiento hídrico y las dosis de fertilización el cultivo sin suelo está ganando importancia ya que es más fácil el control de las propiedades físicas del sustrato en comparación de la utilización del suelo directamente (Barbosa *et al.*, 2000). Bajo este sistema las plantas pueden ser cultivadas en agua o sustratos con baja o nula actividad química, las cuales se abastecen con los nutrimentos esenciales para su desarrollo mediante la adición de alguna de las soluciones nutritivas conocidas. Los sistemas hidropónicos que comúnmente se utilizan (Sistemas cerrados) evitan la contaminación del suelo y pérdida de agua, debido a que en estos se cambia con menos frecuencia la solución nutritiva, en comparación con los sistemas abiertos. Un sistema cerrado con la recirculación de la solución nutritiva asegura una reutilización total del agua y nutrimentos encadenando el ahorro de agua y decreciendo la emisión de nutrimentos (Muñoz *et al.*, 2004). Muchos cultivares obtienen un mayor incremento de la producción de los cultivos al utilizar algún sistema hidropónico o cultivo sin suelo en comparación con la producción que se obtiene cuando se utiliza el suelo, como medio de crecimiento (Marfa, 2000). El crisantemo cultivado en un sistema hidropónico utilizando cualquier sustrato, resulta con mejores características cualitativas como tallos más altos y mayor peso que aquellos producidos en suelo (Flores *et al.*, 2005).

La hidroponía es una tecnología para desarrollar plantas en solución nutritiva (agua y fertilizantes, vermiculita, lana de roca, perlita etc.), para proveer soporte mecánico a la planta (Barbosa *et al.*, 2000). El objetivo de la Agricultura en Ambiente Controlado (AAC) consiste en modificar el ambiente natural para

obtener el óptimo desarrollo de las planta. La mayoría de los sistemas hidropónicos se encuentran en invernadero con el fin de controlar la temperatura, reducir la pérdida de agua por evaporación, controlar la infestación de plagas así como enfermedades y proteger a los cultivos de los elementos del ambiente como el viento la lluvia. La hidroponía forma parte de la AAC, el aspecto más importante de la hidroponía es la solución nutritiva, de ella depende la nutrición de las plantas, por lo tanto la calidad y cantidad de la producción la hidroponía es un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en el agua y en el que, en vez del suelo se utiliza como un sustrato inerte, simplemente la solución aunque recientemente se están utilizando sustratos orgánicos en los invernaderos (Cadahía, 2000).

2.7.1 Sustrato como medio de soporte para las plantas

El sustrato es definido como todo aquel material sólido distinto del suelo, natural o sintético, orgánico o mineral, en forma pura o mezclado, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo a las plantas, permitiendo su anclaje y soporte a través del sistema radical, favoreciendo el suministro de agua, nutrientes y oxígeno sin embargo, la única función garantizada por el sustrato es el soporte; las demás deben ser controladas por el productor actualmente existe un gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos y su elección depende de la especie vegetal a propagar, tipo de propagación, época, sistema de propagación, precio, disponibilidad y características propias del sustrato (Hartmann y Kester, 2002).

Las propiedades físicas, de los sustratos tales como elevada capacidad de retención de agua, suficiente suministro de aire, que se obtienen mediante una buena distribución del tamaño de los poros, baja densidad aparente, elevada porosidad total y estructura estable que impida la contracción del medio, además de propiedades químicas, tales como una baja salinidad, elevada capacidad tampón, mínima velocidad de descomposición del sustrato (que mantenga su estabilidad) y de otras propiedades como encontrarse libre de semilla de maleza, nematodos y otros patógenos, ser de bajo costo, fácil de reproducir, estar fácilmente disponible (Morales, 2005). Además, el sustrato debe permitir una buena circulación tridimensional de la solución nutritiva son aptos como sustrato todos aquellos materiales que por su granulometría y estabilidad estructural, permitan una aireación elevada (Hartmann y Kester, 2002). Sin embargo, el sustrato en contenedor, además de ser soporte para la planta, debe permanecer compacto y sin disgregarse al momento del trasplante, los sustratos a base de materiales orgánicos ofrecen mejores características para el crecimiento de plantas en contenedores, ya que son más livianos y fáciles de transportar que las mezclas minerales. Las raíces de las plantas tienden a “amarrar” las mezclas orgánicas, aún después de un corto periodo de crecimiento y además retienen una mayor cantidad de agua, lo que le da a las plantas menores posibilidades de estresarse en el trasplante (Alvarado y Solano, 2002). Sin embargo, existen problemas de disponibilidad de materiales para elaborar los sustratos, lo que produce un aumento en los costos de producción, además de una variabilidad de las características físicas y químicas de éstos, debido a que al utilizar materiales de origen orgánico, comúnmente

presentan orígenes muy diversos es necesario la búsqueda de sustratos disponibles que contengan propiedades físicas y químicas adecuadas para el buen desarrollo de la planta, además de ser fácilmente reproducibles y amigables con el medio ambiente (Abad y Noguera, 2000).

La calidad de las plantas ornamentales en maceta depende fundamentalmente del tipo de sustrato que se utilice para cultivarlas y en particular de las características físico-químicas, ya que el desarrollo y funcionamiento de, la raíz está directamente ligado a las condiciones de aireación y contenido de agua además de tener una influencia directa sobre el suministro de nutrientes necesarios para las especies que se desarrollen en dicho sustrato (Acosta *et al.*, 2004). Sin embargo, si se considera que actualmente en México se cultivan alrededor de 3,075 ha de plantas ornamentales en contenedores las cuales requieren aproximadamente 500,000m³ de sustrato este sistema de producción mantener la calidad de la planta y reducir costos de producción mediante la utilización de mezclas para sustrato preparados con materiales alternativos de sustratos en México como arena, Vermiculita, Perlita, Tezontle, Turba y Lana de roca (Acosta *et al.*, 2006).

En México, actualmente se usa como materia principal para la elaboración de sustratos la tierra de monte. Estudios recientes indican que la tierra de monte combinada con diferentes materiales (arena de río, perlita), es un sustrato adecuado para producción de plántulas de hortalizas, plantas ornamentales en maceta y plantas forestales (Resh, 2001).

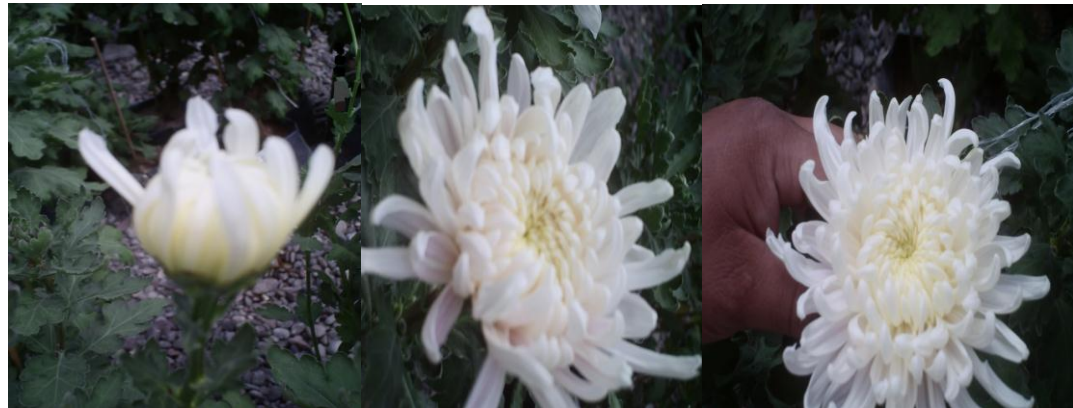
2.7.2 Perlita

Es un mineral de origen volcánico, al calentarla a 760° C ò 1400 °F la humedad que tiene atrapada en sus partículas es transformada a vapor, en este proceso se expanden, su peso específico es de 0.08 a 0.13 g cm⁻³; diámetro de 2 a 4 mm, la capacidad de retención de agua es de tres a cuatro veces su peso, y no tiene capacidad para amortiguar el pH la temperatura a la cual se evapora el poco de agua contenida en las partículas (Resh, 2001). La perlita está compuesta principalmente por silicio y aluminio entre los materiales inorgánicos. La perlita permite una buena respuesta por parte de los cultivos, los que se manifiesta en una alta eficiencia en el uso del agua (Martín-Closas & Recasens, 2001). La perlita utilizada para los cultivos comerciales de hortalizas presenta una granulometría comprendida entre 0 y 5 mm. Este tipo de sustrato no retiene mayor cantidad de humedad, sin embargo presenta una característica adecuada como lo es la aireación (Urrestarazu, 2004).

2.8 Elección y punto de corte

El crisantemo se puede cosechar en una fase de desarrollo 2 (inflorescencia tiene un diámetro de 5 cm). En la fase 3 (Inflorescencia tiene un diámetro de 9), cuando la inflorescencia empieza a abrir en la fase 4 (Inflorescencia con un diámetro de 12 cm). Cuando el peso fresco de las inflorescencias es la mitad del de las inflorescencias completamente desarrolladas y fase 5 (Inflorescencias completamente abiertos). Los crisantemos que se cosechan en estado más compactos que los del 2 tienen

dificultad para abrir y cuando las flores abren tienen un diámetro pequeño (Carrillo, 2009).



Punto de corte 2

Puntos de corte 3

Puntos de corte 3



Punto de corte 4

Punto de corte 5

Figura 1. Fotografías que muestran los cinco puntos de corte (cm) para evaluar la vida de florero (Figura 5 utilizada en este trabajo).

2.8.1 Calidad comercial

La calidad comercial en crisantemo está directamente relacionada con el tamaño y calidad de las hojas, tallos e inflorescencia los aspectos externos

como la estructura (forma, tamaño de tallos y hojas), número de flores y botones, ausencia de residuos químicos plagas y enfermedades defectos aparentes son parámetros externos que forman parte del concepto de calidad en crisantemo el punto óptimo de corte se presenta cuando la inflorescencia se encuentra en un diámetro entre 6 y 12 cm (Reid y Dodge, 2002). **Figura 2**



Figura 2. Punto de corte 5 para determinar la calidad en crisantemo de la variedad Indianápolis

La razón de utilizar tallo floral en punto óptimo de corte es porque generalmente los productores realizan la cosecha de esta forma; es decir una flor completamente abierta con diferente número de tallos según sea el caso (Carrillo, 2009).

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del experimento

El experimento se realizó durante el periodo del 2010 a 2011, en invernadero en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, ubicadas en periférico y carretera Santa Fe Km 1.5 Torreón, Coahuila con coordenadas geográficas 103 ° 25' 57" de longitud oeste 25° 31' 11" de latitud norte con una altura de 1123 msnm (CNA, 2000).

3.2 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un bloque completamente al azar con arreglo factorial 3x3 y 4 repeticiones en el factor A se evaluaron tres concentraciones de calcio 7, 9 y 11 me L⁻¹ y en el factor B tres presiones osmóticas de la solución nutritiva -0.072, -0.092 y -1.12 MPa, cuya composición iónica se presenta en el Cuadro 8. Esto se realizó en base a la metodología de (Steiner 1984).

3.2.1 Manejo del cultivo

El experimento se realizó bajo condiciones controladas en Invernadero. El crisantemo fue trasplantado en macetas (20 kg), con el 100% de sustrato

perlita. Durante el periodo experimental se realizaron las siguientes prácticas de manejo en el experimento:

1).-Despunte apical, a todas las plantas cuando la planta alcanzó 15 cm de altura, el procedimiento consistió en la remoción únicamente de la parte superior de la planta, con el fin de obtener más de dos brotes o tallos florales.

2).- Desbotone, consistió en la remoción de brotes laterales de las plantas, con la finalidad de mantener el número de brotes.

3). Desbrote, se realizó con la finalidad de homogenizar el número de tallos florales en cada grupo.

4).-Tutorado, se realizó con el objetivo de mantener firme los tallos de la flor. El procedimiento consistió en la colocación de una red para evitar que la planta se arqueara o se rompiera.

5.- Fotoperiodo, a los 2 meses de edad de las plantas se les proporciono luz artificial fotoperiodo se realizo una instalación de cableado para proporcionar iluminación nocturna con lámparas incandescentes de 100 watts a 1 metro de altura de los esquejes y una separación de 1.3 metros para complementar la disponibilidad de luz para la planta, ya que es recomendado que la planta reciba como mínimo 14 h de luz (Karaguzel, 2004).

3.2.2 Material vegetativo

El material vegetativo se obtuvo de esquejes enraizados de crisantemo [*Dendranthema grandiflorum*, (Ramat) Kitamura], variedad Indianápolis White de aproximadamente 10 cm de longitud proveniente del Estado de México. Algunas características importantes de esta variedad se detallan el Cuadro 4.

Cuadro 4. Características varietales del material vegetativo utilizado en el presente estudio.

Variedad	Tipo de floración	Color	Altura
Indianápolis White	Estándar	Blanco	Alto

Fuente: Grijalva, 2011.

3.2.2.1 Fungicidas e insecticidas para el control y prevención de plagas o enfermedades

La aplicación de Mancozeb con ácido fosfórico, y clorotalonil a la planta fue para controlar la aparición de roya (*puccinia chrysanthemy*), enfermedad que se presentó cuando la planta tenía 30 días de trasplantada ya que una temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad es de 15-22°C, tiempo nublado y seco. Se realizaron varias aplicaciones durante el ciclo del cultivo ya algunas de las aplicaciones se hizo para prevenir enfermedades y plagas Ver cuadros 5 y 6.

Cuadro 5. Fungicidas utilizados para atacar hongos en el estudio.

Fungicidas	Dosis
Mancozeb y Acido Fosfórico	3 g/L de agua
Clorotalonil (Tetracloroisofalónitrilo)	3 mm/L de agua

Cuadro 6. Insecticidas utilizados para prevenir plagas en el cultivo.

Insecticidas	Dosis	Plagas
Muralla Max	8 mm/20 L de agua	Mosquita blanca (<i>Spp.</i>)
Pirimor	4 g/10 L de agua	Pulgón verde (<i>Aphis gossiphy</i>)

3.2.3 Periodo adaptativo de riego

Durante los primeros 5 días de tratamiento se utilizó solo un riego de 300 ml por la mañana. Sin embargo, los siguientes 10 días de estudio se utilizó un riego de 300 ml de agua/maceta por la mañana y 300 ml por la tarde. Posteriormente se aplicó el riego correspondiente por cada tratamiento 50% por la mañana y el otro 50% por la tarde. Las soluciones nutritivas fueron preparadas directamente con agua de la llave del cual se hizo un análisis de la misma para analizar la cantidad de nutrimento que aportaba el agua y así ajustar el fertilizante Cuadros 7 y 8. El análisis de suelo se realizó en el laboratorio de suelos CENID-RASPA.

Cuadro 7. Composición iónica (cmol/litro) de las soluciones nutritivas evaluadas.

Presión osmótica (MPa)	Aniones (-)			Cationes (+)		
	NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄ ²⁻	K ¹	Ca ²	Mg
0.072	11.76	0.98	6.86	8.0	7	4.62
0.092	14.32	1.24	3.44	10.8	9	6.30
1.12	17.55	1.51	5.23	13.2	11	6.72

Cuadro 8. Análisis químico del agua corriente utilizada para la preparación de soluciones nutritivas.

pH	CE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ²⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄	B	NO ₃ ⁻
	dS m ⁻¹	me L ⁻¹					mg L ⁻¹				
7.80	1.15	7.01	0.95	2.71	0.22	0.00	3.12	2.30	5.23	0.30	7.67

3.2.4 Preparación de soluciones nutritivas

Las soluciones nutritivas se prepararon con fertilizantes grado reactivo de Ca(NO₃)², KNO₃, K₂SO₄, KH₂PO₄, MgNO₃, H₂SO₄ y agua Cuadro 9. El pH se ajustó a 5.5 con H₂SO₄ 1N. En todas las soluciones nutritivas, las

concentraciones de los micronutrientes fueron (en mg L⁻¹): Fe, 6; B, 0.865; Mn, 1.6; Zn, 0.023; Cu, 0.01. El Fe se proporcionó como Fe-EDTA. En la preparación de las soluciones nutritivas se tomo en cuenta la cantidad de Macro nutrientes que aportaba el agua por lo tanto se resto al total de cada tratamiento.

Cuadro 9. Fertilizantes utilizados (Macro elementos) en la preparación de las soluciones nutritivas.

Fertilizantes	Formula	Pm^a	PE^b	Pureza	(%)
Nitrato de Calcio	Ca (NO ₃) ²⁻ - 4H ₂ O	2.36	118	15.5 N	19 Ca
Fosfato mono potásico	KH ₂ PO ₄	136.1	136.1	23 P	28 K
Nitrato de Potasio	KNO ₃	101	101	13 N	38 K
Sulfato de Potasio	K ₂ SO ₄	174.3	87.2	45 K	18 S
Nitrato de Magnesio	MgNO ₃ Mg(NO ₃) ₂ .6 H ₂ O	256.3	128.2	11 N	9 Mg
Acido Nítrico	HNO ₃				
Acido sulfúrico	H ₂ SO ₄				

Fuente: Favela *et al.*, 2006. P.M^a (Peso molecular), P.E^b (Peso equivalente).

En la preparación de las soluciones nutritivas se tomo en cuenta la aportación del agua restando la aportación total a cada tratamiento. La fuente de Microelementos utilizadas en este estudio para la preparación de soluciones nutritivas se presenta en cuadro 10.

Cuadro 10. Fuentes de fertilizantes (microelementos) utilizadas en la preparación de las soluciones nutritivas.

Fertilizantes	Formula Química	Pureza	g/L⁻¹	Kg/L⁻¹
Quelato de hierro (Maxiquel)	Fe-DTPA	6	1.33	0.133
Borax*	Na ₂ B ₄ O ₇ •H ₂ O	99.5-105	0.865	8.5 ⁻⁴
Sulfato de manganeso	MnSO ₄ •H ₂ O	98.0-101.0	1.6	1.6 ⁻³
Sulfato de zinc	ZnSO ₄ •7H ₂ O	99-103.0	0.023	2.3 ⁻⁵
Sulfato de cobre	CuSO ₄ •5H ₂ O	99.5	0.01	1 ⁻⁵

* Se le resto la aportación del agua.

3.3 Variables evaluadas

3.3.1 Desarrollo y crecimiento vegetativo

Altura de cada tallo.

Se evaluó a partir de los 15 días después del trasplante (DDT) y se realizó cada 8 días hasta la producción, mediante la medición de la base del tallo hasta el ápice, utilizando una cinta métrica de 3 m.

Número de hojas.

Se determinó realizando el conteo del número de hojas totales en las plantas desde la base del tallo hasta el ápice. Hasta finalizar con el experimento cada 8 días.

Grosor de tallo.

Se evaluó en la base de cada brote con la ayuda de un vernier o pie de rey tipo estándar graduado en centímetros de un mínimo de 1 mm y un máximo de 12 cm de longitud.

3.3.2 Tiempo de emergencia del botón

El tiempo de emergencia del botón floral se calculó de día de trasplante a maceta hasta el momento de la aparición del brote floral. Además, se determinó el periodo de la emergencia del botón floral hasta el momento de la apertura total de la flor (al corte).

3.3.3 Tiempo a la producción

Se determinó al tiempo del trasplante a la maceta hasta el momento del corte (apertura total de la flor).

3.3.4 Peso fresco de la flor

Se determinó por cada órgano vegetal (tallo, hoja, flor y raíz), de cada planta mediante el pesado en verde de cada órgano en una báscula con capacidad máxima de 5 kg y 1 mínimo de 1 g.

3.3.5 Peso seco de la flor

Se determinó por cada órgano vegetal (tallo, hojas, flor y raíz), de cada planta mediante el procedimiento de secado en una estufa (Felisa®), a una temperatura de 70° C con una duración de 48 horas y después se procedió a

pesar cada órgano vegetal en una báscula con capacidad máxima de 5 kg y un mínimo de 1 g. peso verde.

3.4 Análisis estadísticos

En el análisis de datos se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System).

Para Windows, V 8 Institute Inc (1999).

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura de planta

La dinámica de crecimiento longitudinal de las plantas de crisantemo se presenta en el cuadro 11. El análisis estadístico detecto diferencia significativa entre presiones osmóticas y concentraciones de calcio e interacciones de factores.

La mayor altura de tallo se presento en la presión osmótica de -1.12 MPa, la menor altura se presento en la soluciones con una presión osmótica de -0.92 MPa. Este resultado soporta lo encontrado por Flores *et al.* (2005), en el cual se demostró que una mayor presión osmótica incrementa la altura en la planta de crisantemo variedad Polaris White, asimismo dicho autor menciona que el menor crecimiento es en presiones más bajas. La altura de planta es de gran importancia para la flor de corte, ya que los ramos florales son seleccionados y clasificados de acuerdo a la longitud del tallo y tamaño de la flor (70 a 90 cm; Flores *et al.*, 2005). En la flor de corte, una mayor longitud del tallo tiene mayor preferencia para la venta, esto debido que para su comercialización, es necesario ajustar la longitud del tallo a la necesidad requerida por el consumidor (Laurie *et al.*, 1979).

De acuerdo a la concentración de Ca se obtuvo una mayor altura en las soluciones con 9 y 11 me L⁻¹ en la concentración de calcio, comparado con una concentración de 7 me L⁻¹, donde se obtuvo una menor altura. Estos resultados

coinciden con los encontrados en tomate por Villegas *et al.* (2005), donde demuestra que una mayor concentración de Ca -12 me L^{-1} incrementa en el crecimiento de las plántulas de tomate híbrido Gabriela que cuando se le proporciona una menor concentración de Ca 9 o 6 me L^{-1} , el crecimiento es menor. Asimismo, Nava *et al.* (2009), resalta la gran importancia del calcio en el desarrollo y crecimiento de plántulas de tomate con la utilización de 6 , 9 , 11 y 15 me L^{-1} obteniendo resultados similares en dichas concentraciones. Además, la utilización de altas concentraciones de calcio mejoran la concentración de nutrimentos de la planta (White, 2001; Villegas *et al.*, 2005). Esto anterior, puede influir de manera importante sobre la calidad y cantidad del producto. Este resultado resalta el efecto de la interacción entre una presión osmótica de -1.12 MPa y una concentración de calcio de 9 y 11 me L^{-1} , con mayor altura de planta que el resto de las interacciones. Esto coincide con lo recomendado que a mayor presión osmótica y una adecuada concentración de calcio mejora el crecimiento de las plantas e incrementa los nutrientes en la misma (White, 2001; Villegas *et al.*, 2005; Nava *et al.*, 2009; Carrillo, 2009).

Cuadro 11. Altura de planta (cm) de crisantemo bajo diferentes presiones osmóticas y concentraciones de calcio. UAAAN. UL. 2011.

P.O (Mpa)	Concentración de calcio			Medias P.O
	7 me L ⁻¹	9 me L ⁻¹	11 me L ⁻¹	
-0.72	80.3 b	80.5 b	71.5 d	77.54 b
-0.92	70.4 d	74.5 c	83.0 b	75.87 c
-1.12	76.4 c	86.2 a*	85.8 a*	82.88 a
Medias Ca	75.55 b	80.55 a	80.17 a	

Valores con la misma letra, son iguales de acuerdo a la prueba de DMS con una $p \leq 0.05$

4.2 Numero de hojas

En el Cuadro 12 se observa el efecto de las diferentes presiones osmóticas sobre el número de hojas por planta. Las plantas sometidas a una solución con una presión osmótica de -1.12 MPa mostraron mayor número de hojas, caso contrario, el menor número de hojas fue observado en las plantas con una presión osmótica de -0.92 MPa. Resultados que coinciden con los de Flores *et al.* (2005) quienes reportaron que una mayor presión osmótica incrementa el número y el tamaño de hojas, adicionalmente mencionan que a mayor presión osmótica se incrementa el número de brotes comparado con plantas sometidas a una presión osmótica baja. Además, se ha demostrado que el mayor crecimiento y desarrollo de la planta (mayor área foliar y mejor producción de biomasa) indican una mejor calidad de la planta, lo cual es indicativo una mayor actividad fotosintética y posiblemente una mejor producción (Villegas *et al.*, 2005). Sin embargo, el mayor número de hojas fue observado en plantas sometidas a una solución con una concentración de Ca de 7 me L⁻¹, caso contrario las plantas bajo a una concentración de 11 me L⁻¹ mostraron un menor número de hojas. Se ha demostrado que el calcio está involucrado en el funcionamiento del floema lo cual mejora la fisiología de la planta y activa las hormonas del crecimiento (Eckardt, 2001; Marschner, 2002). Además, como se ha observado en tomate que a una concentración mayor de Ca del 60 % se incrementa el crecimiento de las plántulas, concentración de calcio en el tallo y las hojas (Villegas *et al.*, 2005). Lo que se menciona arriba puede ser un mecanismo por el cual el calcio estimula mayor número de hojas en las plantas.

La interacción entre una presión osmótica -1.12 MPa y una concentración de calcio de 7 me L⁻¹ presento mayor numero de hojas, sin embargo, el menor número de hojas fue observada en la interacción de una presión osmótica de -0.92 MPa y una concentración de calcio de 7 me L⁻¹ interacción idónea para alcanzar una buena calidad de vida en la flor. Altas concentraciones de Ca y una alta presión osmótica muestra un incremento en la cantidad de nutrimentos en la planta (tallo y hojas; Villegas *et al.*, 2005). Un mayor potencial osmótico y contenido de calcio en la solución nutritiva proporciona gran cantidad de nitrógeno (N) elemento primordial durante el periodo vegetativo (hojas, peciolo y tallos), donde el N es aprovechado para el desarrollo de las inflorescencias, crecimiento y desarrollo de la planta mejorando la capacidad fotosintética de la misma (Bugarín *et al.*, 1998). Esto puede indicar que el número de hojas de la planta puede ser un factor que influye en la calidad de la flor y posiblemente en el periodo de vida postcosecha.

Cuadro 12. Numero de hojas durante el crecimiento del crisantemo¹ variedad Indianápolis bajo diferentes presiones y concentraciones de calcio. UAAAN. UL. 2011.

P.O (Mpa)	Concentración de calcio			Medias P.O
	7 me L ⁻¹	9 me L ⁻¹	11 me L ⁻¹	
-0.72	56.6 d	55.7 e	60.4 c	57.44 b
-0.92	44.9 f	58.9 c	60.8 b	54.78 c
-1.12	67.0 a*	65.7 a*	60.2 b	64.25 a
Medias Ca	60.52 a	60.02 a	55.96 b	

Valores con la misma letra, son iguales de acuerdo a la prueba de DMS con una p≤0.05

4.3 Diámetro de tallo

Las plantas bajo una presión de -1.12 MPa, mostraron un mayor diámetro de tallo que las plantas sometidas a una presión osmótica -0.92 MPa, donde se observó un menor diámetro de tallo. Estos resultados coinciden con los de Flores *et al.* (2005) que demuestran que a mayor presión osmótica se alcanza hasta el triple de diámetro de tallo cuadro 13.

Una concentración de calcio de 11 me L⁻¹ incrementa el diámetro del tallo de la flor comparado con una concentración de calcio 7 me L⁻¹ donde se observa un menor diámetro de tallo, coincidiendo con los resultados de Nava *et al.* (2009), que encontraron que entre más alta sea la concentración de calcio mayor diámetro de tallo se obtiene. Además, se observó un mayor diámetro de tallo en una interacción entre una presión osmótica de -1.12 MPa con una concentración de calcio de 11 me L⁻¹. El menor diámetro de tallo se observó en la interacción de una presión osmótica de -0.92 MPa y una concentración de calcio de 7 me L⁻¹.

Cuadro 13. Diámetro de tallo (mm) durante el crecimiento de crisantemo¹ variedad Indianápolis bajo diferentes presiones y concentraciones de Calcio UAAAN. UL. 2011.

P.O (Mpa)	Concentración de calcio			Medias P. O.
	7 me L ⁻¹	9 me L ⁻¹	11 me L ⁻¹	
-0.72	132.0 a	137.0 a	144.0 a	137.7 b
-0.92	94.00 a	143.20 a	152.0 a	129.6 c
-1.12	138.0 a	156.00 a	162.0 a	152.0 a
Medias Ca	127.0 c	144.8 b	152.9 a	

Valores con la misma letra, son iguales de acuerdo a la prueba de DMS con una $p \leq 0.05$

4.4 Tiempo de emergencia del botón floral

El mayor tiempo a la emergencia del botón floral se presentó en las plantas bajo el tratamiento de una presión osmótica de -1.12 MPa. Las plantas bajo una menor presión osmótica -0.92 MPa mostraron un menor tiempo para la emergencia del botón floral Cuadro 14. Estos resultados coinciden con los encontrados por Marschner, (2002) y Flores *et al.* (2005), en los cuales se demuestra que a mayor nutrimento y presión osmótica las plantas de crisantemo tienen mayor tasa de crecimiento. Esto se refuerza con la relación a que mayor disponibilidad de nutrientes existe un mejor funcionamiento de la planta y por ende un buen desarrollo y crecimiento (Marschner, 2002). Contrariamente, una deficiencia nutricional en la planta puede causar retraso en el crecimiento, pudiendo disminuir el desarrollo floral (Ivanova y Vassilev, 2003., Flores *et al.*, 2005). De acuerdo a la concentración de Ca, las plantas sometidas a una concentración de Ca de 11 y 7 me L⁻¹ presentaron mayor tiempo a la emergencia del botón floral. Esto también, pueden observarse en plantas bajo una presión osmótica de -0.72 y -1.12 MPa. La interacción de una presión osmótica de -1.12 MPa y 11 me L⁻¹ de calcio muestran mayor duración para la aparición del botón floral.

Cuadro 14. Tiempo de Emergencia del Botón Floral en plantas de crisantemo bajo diferentes presiones osmóticas y concentraciones de calcio. UAAAN. UL. 2011.

Concentraciones de calcio (me L ⁻¹)	Presiones Osmóticas (MPa)			Medias P.O
	-0.72	-0.92	-1.12	
7	173	162	154	163
9	161	165	161	162
11	168	170	174	171
Medias Ca	167	166	163	

4.5 Tiempo a producción

El tiempo a producción fue mayor en plantas bajo una PO de -0.72 MPa, comparado con las plantas con una PO de -1.12 las cuales mostraron menor tiempo a producción (de la siembra hasta el día de corte), resultados que coinciden con los de Flores *et al.*, 2005, (Cuadro 15). Una mayor concentración en los nutrimentos de la solución nutritiva incrementa la concentración de nutrimentos en la planta lo cual favorece las funciones de las plantas entre ellas el tiempo de producción (Marschner, 2002). Una solución nutritiva deficiente de nutrientes causa un retraso en el desarrollo de la planta y por consecuencia prolonga el tiempo a producción.

La concentración de Ca de 7 y 9 me L⁻¹ prolongo el tiempo a producción. Sin embargo, una mayor presión osmótica de -1.12 MPa con una concentración de Ca de 7 a 11 me L⁻¹ disminuyo el tiempo a reproducción. Esto demuestra que una mayor presión reduce el tiempo a producción, sin importar la concentración de calcio. Lo anterior demuestra que la presión osmótica es importante para la

absorción y acumulación de nutrientes en las diferentes áreas de la planta lo que reduce el tiempo a producción (Marschner, 2002; Carrillo, 2009).

Cuadro 15. Tiempo a la producción de crisantemo bajo diferentes presiones osmóticas y concentraciones de calcio. UAAAN. UL. 2011.

Concentraciones de calcio (me L ⁻¹)	Presiones Osmóticas (MPa)			Medias P.O
	-0.72	-0.92	-1.12	
7	189	170	163	174
9	173	180	161	171
11	183	180	163	175
Medias Ca	182	178	162	

4.6 Peso fresco de inflorescencia

El mayor peso fresco de inflorescencia fue observado en las plantas sometidas a una presión osmótica de -1.12 MPa. Al contrario, las plantas sometidas a una presión osmótica de -0.92 MPa mostraron una inflorescencia de menor peso fresco Cuadro 16. Esto coincide con Bugarín *et al.* (1998) quienes reportan que a mayor presión osmótica mayor peso fresco en la variedad puma. Las plantas sometidas a una concentración de calcio de 11 me L⁻¹ mostraron un mayor peso fresco, en comparación con las plantas sometidas a una concentración de calcio de 7 me L⁻¹ donde se observó un menor peso fresco. Si embargo, las plantas sometidas a una presión osmótica de -1.12 MPa y una concentración de Ca de 11 me L⁻¹ presentaron un mayor peso fresco de flor. Contrariamente, en plantas bajo una concentración de calcio de 7 me L⁻¹ y una presión osmótica de -0.92 MPa presentó un menor peso fresco en la inflorescencia.

Cuadro 16. Peso fresco de la Inflorescencia de crisantemo bajo diferentes presiones osmóticas y concentraciones de calcio. UAAAN. UL. 2011.

Concentraciones de calcio (me L ⁻¹)	Concentración de calcio			Medias P.O
	7 me L ⁻¹	9 me L ⁻¹	11 me L ⁻¹	
-0.72	62.1 b	60.0 b	71.13 a	64 b
-0.92	30.6 c	68.2 b	68.50 a	56c
-1.12	59.6 b	86.6 a*	67.12 b	71 a
Medias Ca	51.0	72.0	69.0	

Valores con la misma letra, son iguales de acuerdo a la prueba de DMS con una P≤0.05

4.7 Peso seco de inflorescencia

Un mayor peso seco en la inflorescencia fue observado en las plantas sometidas a una P.O de -1.12 MPa, las plantas bajo una P.O de -0.92 MPa presentaron un menor peso seco en la inflorescencia Cuadro 17. Resultados coincidentes con los obtenidos en la variedad Polaris White por Flores *et al.* (2005) quienes mencionan que a mayor presión osmótica se incrementa el peso seco de la inflorescencia. En crisantemo variedad Indianápolis # 4 Bugarín *et al.* (1998) encontraron que una solución nutritiva con cantidad nutricional tiene efecto positivo en la tasa de acumulación de materia seca en toda la planta en inflorescencia

En base a la concentración de calcio se observó mayor peso en las plantas sometidas a una concentración de Ca 11 y 9 me L⁻¹, y una presión osmótica de -1.12 MPa. Resultados soportados por Nava *et al.* (2009) quienes reportan que una alta concentración de Ca en la solución nutritiva incrementa la materia seca, caso contrario en las plantas sometidas a menor concentración de Ca. De igual manera, una mayor presión osmótica incrementa la acumulación de

materia seca (Flores *et al.*, 2005). Una mayor presión osmótica y concentración de calcio influye positivamente en el peso seco en la inflorescencia (Bugarín *et al.*, 1998).

Cuadro 17. Peso seco de la Inflorescencia bajo diferentes presiones osmóticas y concentraciones de calcio. UAAAN. UL. 2011.

P.O (Mpa)	Concentración de Ca (me L ⁻¹)			Media P.O
	7	9	11	
-0.72	15.27 b	16.31 b	17.77 a	16.45
-0.92	5.60 c	16.56 b	17.20 a	13.12
-1.12	17.53 a *	18.70 a*	19.04 a	18.42
Media Ca	12.8	17.19	18.00	

Valores con la misma letra, son iguales de acuerdo a la prueba de DMS con una $p \leq 0.05$

V CONCLUSIÓN

En base a los resultados obtenidos en el estudio se concluye:

Un incremento en la presión osmótica (hasta -1.12 MPa) en la solución nutritiva, mejoro el desarrollo.

Una concentración de calcio de 9 me L^{-1} en la solución nutritiva durante el ciclo productivo, mejoro el desarrollo y crecimiento de las plantas.

La presión osmótica de -1.12 MPa y 9 me L^{-1} de calcio en la solución nutritiva durante el ciclo del cultivo incremento el desarrollo y crecimiento de las plantas de crisantemo.

VI LITERATURA CITADA

- Abad, M. M. Noguera. 2000. Los sustratos en cultivo sin suelo, en manual de cultivos sin suelo. Urrestarazu Gavilán, M. (ed). Segunda edición Mundi-Prensa Almería, España. p.137-182.
- Acosta-Duran, C.M., A.V. Maya, I. Alia-Tejacal, D. Acosta-Peñaloza, O. Villegas-Torres, y V. López-Martínez. 2006. Evaluación de sustratos para la producción de crisantemo (*chrysanthemum morifolium*) cv "sandra" en contenedor, bajo condiciones de invernadero. En: Investigación Agropecuaria. p. 1-19.
- Acosta-Duran, C.M., V. López-Martínez, y I. Alia-Tejacal. 2004. Caracterización de materiales para sustrato de plantas en contenedor. VII jornadas del grupo de sustratos de la SECH. Madrid, España. p. 40-51.
- Alvarado, M. y J. Solano. 2002. Medios o sustratos en la producción de viveros y plantas. En: Producción de sustratos para viveros, proyecto VIFINEX, Republica de China-OIRSA. Costa Rica, noviembre, 2002. Disponible en: http://www.ns1.oirsa.org.sv_publicaciones_VIFINEX_manuales. Leído el: 25 de Octubre del 2011.
- Amiri, M. and N. Sattary. 2004. Mineral precipitation in solution culture. Acta Hort. 644:469-478.
- Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. (AEPA). 2010.
- Apoyo y servicios a la comercialización agropecuaria (ASERCA). 2008. "La Floricultura" Boletín Regional Peninsular.
- Barbosa, J.G., A.N. Kampf, H.E. Martínez, O.C. PKoller, and H. Bohnen. 2000. Chrysanthemum cultivation in expanded clay I. effect of nitrogen-phosphorous-potassium ratio in the nutrient solution. J. plant nutrit. 23:1327-1336.
- Borges-Gómez, L. J. Chuc-Puc, A. Escamilla-Bencomo, F. Medina-Lara. 2006. Cinética de la absorción de potasio por las raíces de chile Habanero (*Capsicum chinense Jacq*). 40: 431-440.
- Bugarín-Montoya, M.R. 2001. Extracción de nitrógeno de seis especies olerícolas durante su ciclo de crecimiento. 23:93-98.
- Consejo Nacional del Agua CNA. 2000. Gerencia Regional. Cuencas Centrales del Norte y Subgerencia Regional Técnica y Administrativa del Agua. Torreón, Coahuila. p. 12.
- Cadahía, L.C. 2000. Fertirrigación de cultivos hortícolas. 2da ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 223. Cadahía, L.C. 2005. Fertirrigación cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 475.

- Carrasco, G. P. Ramírez, y H. Vogel. 2007. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFT. 25: 59-62.
- Carrillo, L.M. 2009. Efecto de la solución nutritiva Steiner en la calidad y vida de florero de crisantemo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. México. p. 117.
- Carvalho, B.F., M. R. A. K Freitas, B. Lisboa, 2001. De Vasconcelos Norões. Utilização de pó de coco como substrato de enraizamiento para estacas de crisantemo. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*. 7:129-134.
- Chamorro, C.J. 2002. Evaluación de nueve variedades de crisantemo (*Dendranthema grandiflorum* Ramat Kitamura). En zamorano .Tesis de Licenciatura Honduras. p. 40.
- Chica, T. F., y L.G Correa. 2005. Evaluación de dos tratamientos fotoperiodos en crisantemos (*Dendranthema grandiflorum* Ramat Kitamura).Bajo condiciones del intertropical. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*. 58:2859-2881.
- Dios-Delgado, I. M. Sandoval-Villa, M^a. De las Nieves, E. Cárdenas-Soriano. 2008. Aplicaciones foliares de calcio y silicio en la incidencia de mildiu en lechuga. 24:91-98.
- Dole, J.M, and H.F. Wilkins. 2005. Floriculture: principles and species 2nd edition. Pearson. Prentice, Hall. Upper Saddle River, New Jersey. The United States of America. p.1023.
- Eckardt, N.A. 2001. A calcium- regulated gatekeeper in phloem sieve tubes. *Plant. Cell* 13:989-992.
- Enríquez, J.R., B. Velázquez, A.R. Vallejo, V.A. Velasco. 2005. Nutrición de plantas de (*Dendranthema grandiflora*) obtenidas *in vitro* durante su aclimatación en invernadero. 28:337-383.
- Escobar, V. 2000. La iluminación (En línea). Disponible en. <<http://www.laatlantida.com/5artic/plantas/iluminación.htm>>. Fecha de consulta (1 de Diciembre 2011).
- Favela, Ch. E., R. P. Preciado, y M. A. Benavides. 2006. Manual de soluciones para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. p.146.
- Frageria, V.D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. *J. Plant Nutrit.* 24:1269-1290.
- Gaytan-Acuña, E. A.; D.L. Ochoa-Martínez, R. García-Velasco, E. Zavaleta-Mejía y G. Mora-Aguilar. 2005. Producción y calidad comercial de flor de crisantemo.24.541-548.
- Grijalava,V.G.P. 2011. Respuesta de explantes apicales y microestacas de crisantemo a diferentes frecuencias en el sistema biorreactor de inmersión temporal p. 86.
- Gutiérrez, E.A., P.E. Cedillo, y G. L. Díaz. 2007. Morfología y anatomía de las plantas con flores. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp. 276.
- Hartmann. H.Y., y D. Kester. 2002. Plant propagation. Principles Practices. Prentice. Hall. New .Jersey. p. 880.

- He, Z.Y., N. Xiao, J. Wei, y R. Kuang. 2002. *Liriomyza huidobrensis* in Yunan, China: current distribution and genetic structure of recently established population. 102:213-219.
- Huerta, P. R. 2003. Diagnostico agroecológico del cultivo del crisantemo en y propuestas para el manejo del control de plagas. Texcoco México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo México. p.100.
- Huerta, P.R.A., y P.J.C. Chavarín. 2002. Trips y minadores: Identificación, biología y control. In: Manejo fitosanitario de ornamentales. Colegio de Postgraduados. México. p. 64.
- International Association for Plant Taxonomy. (IAPT). 2010. Catalogue of life: 2010. Indexing the world's known species. (Consultado el 1 de diciembre 2011 en <http://www.catalogueoflife.org/> Annual Checklist.
- Ivanova, V., and A. Vasseley. 2003. Biometric and Physiological characteristics of chrysanthemum (*chrysanthemum morifolium* L.) plants grown at different rates of nitrogen fertilization. J. of Central European Agriculture. 4:1-6.
- Juárez, H.M.J. 2010. Relaciones de Amonio – Cationes, de Fósforo- Aniones y presión osmótica de la solución nutritiva en *Lilium* Hibrido Asiático. Colegio de Postgraduados Montecillo, México. p.233.
- Karaguzel, O. 2004. Responses of native (*Lupinus varius* L.) to culture condition: effects of photoperiod and sowing time on growth and flowering characteristics. En: Scientia Hort. 103. (Jan.2005) Disponible en Internet: <http://www.sciencedirect.com/science>. (Consultado en Agosto 18 de 2011).
- Kouzmine, V. 2000. Exportaciones de flores cortadas de la CEPAL SERIE comercio internacional Exportaciones no tradicionales latinoamericanas. Un enfoque no tradicional. p.17-24.
- Lara, H. A. 2000. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía.17:221-229.
- Larson, A.R. 2004. Introducción a la floricultura. Editorial AGT, S.A. Tercera reimpresión. México. D.F. p. 551.
- Laurie, A.D., C. Kiplinger, and K. Nelson. S.1979. Commercial Flower Forcing. Eight editions. Macgraw-Hill Book Company. New York, U.S.A. 45: 412-416.
- Marfa, O. 2000. Recirculación en cultivos sin suelo. Ediciones de Hort. S. L. Reus, España p.177
- Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic. Press. London, England.p.889.
- Martín-Closas, L & X Recasens. 2001. Effect of Substrate Type (Perlite and Tuff). In the Water and Nutrient Balance of a Soiless Culture Rose Production System. *Acta Hort*. 559:569-574.
- Martínez-Corral, L. E. Martínez-Rubín de Celis, F.G. Flores-García, P. Preciado-Rangel, H. Zermeño-González, R.D. Valdez-Cepeda. 2009. Programa de cómputo para el cálculo de soluciones nutritivas. 15: 149-153.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. Editorial Kluwers Academic Publishers quinta edición p. 849.
- Morales, H. 2005. Elaboración de sustratos para su utilización en propagación de plantas frutales, a partir de materiales. Facultad de Agronomía, Quillota, Chile. p.89.

- Muñoz-Ramos, J.J., M. Guzmán, J.Z. Castellanos. 2004. Salinidad sódica en el desarrollo vegetativo y reproductivo del pimiento. 22:187-196.
- Nava-Martínez, E., O.G. Villegas-Torres, I. Alia-Tejacal, V. López-Martínez, C.M. Acosta-Duran, M. Andrade-Rodríguez, y D. Guillén-Sánchez. 2009. Crecimiento de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio.6:195-204.
- Orozco, J. F. 2007. Evaluación de diez (10) variedades de crisantemo o pompón (*Dendranthema grandiflora*) a tres (3) densidades de siembra bajo condiciones de invernadero en la vereda La Selva, Municipio de Manizales. 15:121-134.
- Ortega, A.D.L. 2002. Moscas Blancas en ornamentales en manejo fitosanitario de ornamentales. Colegio de Postgraduados. México. p. 41-52.
- Ortega, M.L.D. 2010. Efecto de sustratos en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). Bajo condiciones de invernadero. Colegio de Postgraduados. México. p. 129.
- Palacios, V.J. y P.R. Cárdenas. Evaluación de tres tratamientos fotoperiodicos en dos cultivares de crisantemo (*Dendranthema grandiflora Ramat*) 68:52-57.
- Pandey, S.S., B. K.C. Tiwari, Upadhyaya and S.K. Sopory. 2000. Calcium signaling: Linking environmental signals to cellular functions. Crit. Rev. Plant Sciences. 19:291-318.
- Pelacho, A. L. Martín, R. Cueva, J. Sanfelire, J. Badía, y G. Alins. 2002. Cultivo *in vitro* (En línea). Escuela técnica superior de ingeniería agrícola de Lleida Disponible en .<[http://www.etsea2.udl.es/in vitro/luz](http://www.etsea2.udl.es/in_vitro/luz)>. Fecha de consulta (17 de Noviembre 2011).
- Preciado, R.P., C.G. Baca, T.J.L. Tirado, S.J. Kohashi, Ch.L.Tijerina, G.A. Martinez. 2003. Presión osmótica de la solución nutritiva en la producción de plántulas de melón. 21:461-470.
- Resh, H.M. 2001. Cultivo hidropónico. Nuevas técnicas de producción. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 5ª. Edición. p.558.
- SAGARPA, 2004. Proyecto del mercado de flores de Villa Guerrero. http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/sintesis/sintesis/2004/marzo/Ss_pdf, consultado; 21 de septiembre 2011. Y de desarrollo 2005. www.veracruz.gob.mx/plan_estatal/archivos/capituloV.pdf., consultado el 14 de octubre 2011.
- SAGARPA-FAO. 2002. Evaluación de la alianza para el campo 2001. Informe de la evaluación del desarrollo de la horticultura ornamental. México, Octubre.
- Salisbury, F., Ross, C. 2000. Fisiología de las plantas. pp. 785. In Salisbury, F y C, Ross (eds) Salisbury Celulas: Agua, soluciones y superficies Segunda edición. Interamericana McGraw-Hill, España.
- Sánchez, R.F.J., A. R. Moreno, J.L.M. Puente, y J.Ch. Araiza. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción Torreón, Coah., México. p. 54.
- Santana, M.V.C. 2002. Evaluación de cepas Azobacter Sp. y de bacterias solubilizadoras de fosfato (BFS), como biofertilizante mixto en un cultivo de crisantemo. p. 10-13.

- SAS. 1999. User`s guide: Statistics, Version 8. Institute, Cary North Carolina. USA.
- Sherman, A., S.J. Sherman, L. Russikoff. 2001. Conceptos básicos de química. Compañía Editorial continental, S.A. de C.V. D.F., México. pp. 348-352.
- Sistema de Información Agropecuaria consultada (SIACON). 2004. En <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html>. Consultada 1 Marzo 2012.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. http://reportes.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index. Consultado Enero 2012.
- Soto, A. R. y Armando, G.F.2006. El estado de México confirma su liderazgo en floricultura. En: Información, planeación, Programación, y evaluación de la Secretaria de Desarrollo Agropecuario del Estado de México.
- Urrestarazu, G.M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. Tercera edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 914.
- Velasco, V. A. 2000. El papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. 17: 193-200.
- Vences-Contreras, C. L.M. Vázquez-García, O.A. Hernández-Rodríguez. 2009. Regeneración In vitro de once cultivares de crisantemo (*Dendranthema grandiflora Tzvelev*). A partir de meristemas apicales. 20: 409-415.
- Villegas, T.O., G.P. Sánchez, C.G.A. Baca, M.M.N. Rodríguez, C. Trejo, y V.M. Sandoval, S.E. Cárdenas. 2005. Crecimiento y estado nutricional de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico. Montecillo estado de México 23:49-56.
- Zamudio, G.B. 2008. Avances de la nutrición de ornamentales en México. XI congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo. p.10-70.