

2ef



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

PRODUCCION COMERCIAL DE *Alstroemeria* híbrida EN CONDICIONES DE HIDROPONIA

T E S I S

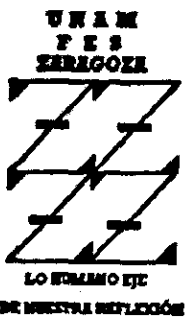
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A :

SANDRA GISELL MORA RAVELO

DIRECTOR DE TESIS: DR. PROMETEO SANCHEZ GARCIA

ASESOR INTERNO: M. en C. GERARDO CRUZ FLORES

Esta tesis se realizó en el Colegio de postgraduados
y forma parte del proyecto
CONACYT "Nutrición de Cultivos", G0009B.



MEXICO, D. F.

1999

TESIS CON
PALLA DE ORIGEN

27 67 37



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

***Algunos hombres ven las cosas como son y dicen Porque?
Yo sueño con cosas que nunca han sido y pregunto ¿Porqué no?**

**Existen ideales que pueden o no ser alcanzables eso sólo depende de la
firmeza y convicción del propio humano, en un mundo que puede ser mejor.**

Robert F. Kennedy.

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme dado el don de la vida y darme lo mejor de ella: mi familia y mis amigos. Gracias porque aun sin merecerlo me lo has regalado.

A mis padres

Benita, Esther y Guillermo ejes de mi vida por el inmenso amor, cariño, apoyo y consejos al paso del tiempo, por contribuir a una de mis metas con la mayor de las herencias, mis estudios

A mis abuelos

Ange(+) por su amor, sabiduría y fortaleza, Concha y Jorge por su cariño y filosofía de la vida

A mis hermanos

Argelia Verenice y Marco Adhemar porque a pesar de todo y contra todo nos une un gran cariño, los amo y sepan que siempre contarán conmigo

A mis tíos

Mario, Flor, Dolores, Angel, Víctor, Paty, Francis, Abraham, Alicia, Tere y Benjamín por su cariño, apoyo económico, consejos y el empuje para terminar esta meta

A mis sobrinas

Eteri Yael, Hatzel, Ana Karen y Sara Fernanda porque su sonrisa sea permanente y la esperanza de una vida mejor

A mis primos

Mario, Kevin, Nallely, Ignacio, Abraham, Venecia, Paris, Ammy y Eduardo por ser la chispa y la energía de la familia

A mis grandes y muy queridos amigos

C. A. (+), Jacqueline, Manolo, Josefina, Marú, Lore, Gerardo, Lilia, Candy, Irene, Adrián, Alfredo Bueno, Pablo Preciado y Raymundo. Por contribuir con sus consejos y cariño a mi enriquecimiento como persona y profesionista pero sobre todo por la extraordinaria calidad humana que poseen y que han compartido conmigo

Al Dr. Prometeo Sánchez, M. en C. Gerardo Cruz por el tiempo, dedicación, consejos, su contribución a mi desarrollo profesional y a la amistad brindada durante y después de este trabajo

AGRADECIMIENTOS

Al M. en C. Miguel Castillo, Biólogo Rubén Zulbarán y a la M. en C. Susana Luna por sus comentarios y críticas para el enriquecimiento de este trabajo por contribuir con ello a mi etapa como profesionista y la atención de compartir conmigo su tiempo y amabilidad para este logro

Al Sr. Alberto García, las familias Rubi Piña-Mendoza, Robles Castellanos, Hinojosa Baca, González Ávila, González Velázquez, Friné, mis padrinos Conchis, Peco, Lukú, Alicia, Anita y Fernando, mis compadres Gerardo y Chayo mi ahijado Erick, al Sr. Pedro Rico. Por su amistad, apoyo, confianza y cariño a hacia mi persona.

A Berenice Rodríguez y a su familia, a los M.C. Nancy Mtz. y Rodolfo Torres por el apoyo, amabilidad y amistad que han compartido conmigo desde el inicio de este trabajo

A mis profesores Enrique Laguna, Veronica Javier, Cristobal, Eloy , David, Salvador, Paty, Esther, Carmen, José Luis y Manuel Castillo por sus enseñanzas y amistad durante la impartición de sus materias

A mis amigos y compañeros de la facultad

Carmen Santiago, Carmen Marín, Chucho, Flor, Paty, Alix, Rosa Linda, Lucy, Maggy, Miguel, Gerardo, Fernando, Julio, Jorge, Raúl, Rubén, Maricela, Lupita, Juan Avelar, Meche, Carmen Galindo, Joel, Ericka, Alejandra, Juan, Magnolia y gaucho porque compartimos grandes momentos de alegría, compañerismo y unión

A las Instituciones FES Zaragoza (UNAM) y al Colegio de Postgraduados por permitirme utilizar sus instalaciones, su acervo cultural y con ello el inicio de mi desarrollo profesional

A compañeros y amigos del C. P.

Juan José Becerra, Estela, José Luis Zuñiga, Armando, Olga, Bibiana, Jesús Lozano, Anselmo, Arcelia, Zamudio, Chuy, Rafa, Vicente y Libia por compartir conmigo su amistad y sus conocimientos

Al personal de esta Institución

Beto, don Lupe, Raúl, A la Dra. Nieves, M. en C. Leticia, Ing. César Merino, a las secretarías Sras. Malena y Esperanza, a Mitchell a los srs. Jaime, Ignacio, Wenceslao, Manuel, Fili por su apoyo, compañía y amabilidad brindada durante mi estancia en el Colegio.

A TODOS Y CADA UNO DE USTEDES LES DOY LAS GRACIAS POR CONTRIBUIR Y FORMAR PARTE DE MI EXISTENCIA.

SANDRA GRISELL

INDICE

	Páginas
Índice de Figuras	
Índice de Cuadros	
Resumen	
I Introducción	1
II. Revisión de Literatura	3
2.1. Origen y Evolución de la Alstroemeria	3
2.2.1. Características biológicas	3
2.2.2. Factores ambientales	5
2.2.3. Factores físicos	5
2.2.3.1. Temperatura	5
2.2.3.2. Luz	6
2.2.4. Sustrato	7
2.2.5. Manejo del cultivo	8
2.2.5.1. Propagación	8
2.2.5.2. Plantación	8
2.2.5.3. Cosecha	9
2.2.5.4. Mantenimiento del cultivo	10
2.2.6. Fertilización	10
2.2.6.1. Cultivo de Alstroemeria en fertirriego	12
2.2.7. Hidroponía	13
2.2.7.1. Cultivo de Alstroemeria en hidroponía	15
2.2.8. Riego	17
2.2.9. Plagas y enfermedades	18
2.3. Condiciones ecológicas, sociales y económicas del proceso productivo	18
2.4. Nutrición Mineral	19
2.4.1. Demanda y suministro nutrimental	20
2.4.2. Técnicas de diagnóstico nutrimental	20
2.4.3. Análisis químico de tejido vegetal	21
2.4.4. Análisis de extracto celular (savia)	22
2.4.5. Contenido de clorofila	24
2.4.6. Solución nutritiva	26
2.4.7. Concentración iónica total	27
2.4.8. Relación mutua entre aniones y cationes	28

III. Objetivos	29
3.1. Objetivo General	29
3.2. Objetivos Particulares	29
IV. Hipótesis	29
V. Materiales y Métodos	30
5.1. Ubicación de la zona de trabajo	30
5.1.2 Fase de campo	31
5.2. Fase de laboratorio	37
5.3. Fase de gabinete	37
5.4. Resultados y Discusión	38
6.1 Producción floral de <i>Alstroemeria</i> cv Mona Lisa	38
6.1.2. Producción floral por calidad	40
6.1.3. Calidad de postcosecha en tallos florales	41
6.1.4. Longitud en tallos florales	42
6.1.5. Diámetro promedio en tallos florales	43
6.1.6. Producción de tallos vegetativos	43
6.1.7. Peso fresco y seco en tallos vegetativos	44
6.2. Extracción nutrimental	46
6.2.1. Nitrógeno	46
6.2.2. Fósforo	47
6.2.3. Potasio	48
6.2.4. Calcio	49
6.2.5. Magnesio	50
6.2. Contenido de clorofila (lecturas SPAD)	51
6.3.1. Relación entre las lecturas SPAD y el contenido de nitrógeno total	51
6.3.2. Relación entre las lecturas SPAD y el contenido de magnesio	54
6.3.3. Relación entre las lecturas SPAD y el contenido de hierro	56
6.3.4. Relación entre las lecturas SPAD y el contenido de nitratos	56
6.4. Relación del tejido foliar y extracto celular (savia)	58
6.4.1. Contenido de Nitrógeno total y nitratos en el tejido vegetal	58
6.4.2. Contenido de Potasio total y Potasio iónico en el tejido vegetal	60
6.5. Inversión y costos para la producción de <i>Alstroemeria</i>	63
6.5.1. Insumos de fertilizantes e insecticidas	64
VII Conclusiones	65
VIII Recomendaciones	66
IX Bibliografía	67

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
1 Alstroemeria híbrida	4
2 Exceso de vegetación en <i>Alstroemeria</i> cv. Mona Lisa	10
2a Planta destijada	
3 Relación entre el cultivo hidropónico y la fertirrigación en diferentes sustratos	11
4 Cultivo de <i>Alstroemeria</i> cv. Mona Lisa bajo condiciones de hidroponía y riego	16
5 Localización del invernadero donde se realizó la investigación	30
6 Sistema de riego por goteo: a) vista lateral y b) vista aérea	32
7 Producción de tallos florales en <i>Alstroemeria</i> cv. Mona Lisa	38
8 Producción de tallos florales por calidad en <i>Alstroemeria</i> cv. Mona Lisa	40
9 Longitud de tallos florales en <i>Alstroemeria</i> cv. Mona Lisa	42
10 Diámetro de tallos florales en <i>Alstroemeria</i> cv. Mona Lisa	43
11 Producción de tallos vegetativos cv. Mona Lisa	44
12 Peso fresco y seco de tallos vegetativos en <i>Alstroemeria</i>	45
13 Extracción nutrimental de nitrógeno total en tallos vegetativos	46
14 Extracción nutrimental de fósforo en tallos vegetativos	48
15 Extracción nutrimental de potasio en tallos vegetativos	49
16 Extracción nutrimental de calcio en tallos vegetativos	50
17 Extracción nutrimental de magnesio en tallos vegetativos	51
18 Relación entre las lecturas SPAD y el contenido de Nitrógeno total en tejido vegetal de <i>Alstroemeria</i> cv Mona Lisa de (a) hojas jóvenes y (b) adultas	53
18' Dinámica del contenido de clorofila (lecturas SPAD) y Nitrógeno total en el tejido vegetal de <i>Alstroemeria</i> cv Mona Lisa en (a) hojas jóvenes y (b) adultas	53
19 Relación entre las lecturas SPAD y el contenido de magnesio en el tejido vegetal de <i>Alstroemeria</i> cv Mona Lisa de (a) hojas jóvenes y (b) adultas	55
19' Dinámica del contenido de clorofila (lecturas SPAD) y magnesio en <i>Alstroemeria</i> cv Mona Lisa en (a) hojas jóvenes y (b) adultas	55
20 Relación entre las lecturas SPAD y el contenido de hierro en el tejido vegetal de <i>Alstroemeria</i> cv Mona Lisa de (a) hojas jóvenes y (b) adultas	57

20' Dinámica del contenido de clorofila (lecturas SPAD) y hierro en <i>Alstroemeria</i> cv Mona Lisa en (a) hojas jóvenes y (b) adultas	57
21 Relación entre las lecturas SPAD y el contenido de nitratos en el tejido vegetal de <i>Alstroemeria</i> cv Mona Lisa en (a) hojas jóvenes y (b) adultas	59
21' Dinámica del contenido de clorofila (lecturas SPAD) y nitratos en <i>Alstroemeria</i> cv Mona Lisa en (a) hojas jóvenes y (b) adultas	59
22 Relación entre el contenido de Nitrógeno total y Nitratos en el tejido vegetal de <i>Alstroemeria</i> cv Mona Lisa en (a) hojas jóvenes y (b) adultas	61
22' Dinámica entre el nitrógeno total y nitratos en el tejido vegetal de <i>Alstroemeria</i> cv Mona Lisa en (a) hojas jóvenes y (b) adultas	61
23 Relación de Potasio total y. Potasio iónico en el tejido vegetal de <i>Alstroemeria</i> cv Mona Lisa en (a) hojas jóvenes y (b) adultas	63
23' Dinámica del potasio total y potasio iónico. en el tejido vegetal de <i>Alstroemeria</i> cv Mona Lisa en (a) hojas jóvenes y (b) adultas	63

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1 Clasificación por calidad para el cultivo de <i>Alstroemeria</i>	9
2 Solución nutritiva utilizada en el cultivo hidropónico para <i>Alstroemeria</i>	12
3 Fertilizantes y cantidades requeridas para el cultivo de <i>Alstroemeria</i> en fertirriego	
4 Valores de CE para <i>Alstroemeria</i>	18
5 Solución nutritiva universal de Steiner	27
6 Análisis químico del agua utilizada durante el experimento	33
7 Fuentes de macronutrientes y micronutrientes	34
8 Clasificación en la calidad de tallos florales para <i>Alstroemeria</i> (Healy y Wilkins 1985b).	
9 Clasificación en la calidad de tallos florales según Martínez (1999).	35
10 Clasificación considerada para la apreciación de vida en florero de <i>Alstroemeria</i>	36
11 Parámetros del tallo floral del cv Mona Lisa para evaluar la calidad de postcosecha	
12 Inversión y costos para la producción de <i>Alstroemeria</i>	59
13 Insumos de fertilizantes e insecticida	

RESUMEN

La principal característica que debe tener un cultivo para su producción en hidroponía y para que este sea redituable es que tenga una alta demanda en el mercado, que exista garantía de su comercialización, buen precio y que su producción se de a lo largo del año. La *Alstroemeria* es una flor de corte con gran potencial económico, su demanda se debe en gran parte por tener flores atractivas con gran variedad de colores y también a su longevidad.

Por tal razón, en este trabajo se evaluó la producción del cultivo hidropónico de *Alstroemeria híbrida* cv Mona Lisa en condiciones de riego por goteo como alternativa comercial en la unidad de investigación "Dr. Ramón Fernández González" del Colegio de Postgraduados, durante el periodo de enero 1998 a abril 1999. Para lo cual se determinó la influencia del riego por goteo en la generación de tallos florales mediante un sistema de riego con toneles de 20 L de capacidad con tuberías principales de P.V.C., los laterales de riego fueron poliductos de 0.5 pulgadas con distancias entre emisores de 40 cm y un gasto nominal de 1.5 L x hr x m, el sistema hidropónico utilizado fue de sistema abierto con módulos confeccionados por cubetas de plástico (30 cm de diámetro x 35.5 de altura), y capacidad de 20 L con 17 L de sustrato (tezontle y agrolita). La solución nutritiva empleada fue con un P.O. -0.092 MPa se preparo con fertilizantes comerciales ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , MgSO_4 , urea y cottofos) como macroelementos y los microelementos con reactivo grado.

Los resultados obtenidos para este objetivo nos indican que el riego por goteo y la solución nutritiva no son determinantes en la generación de tallos florales y vegetativos al menos para este cv Mona Lisa. Asimismo la producción de tallos florales bajo este sistema hidropónico es mayor que a la que se obtiene por método tradicional, y por lo tanto, su comercialización es rentable en términos generales. Teniendo un promedio de vida en postcosecha de por lo menos 10 días.

Por otro lado, la extracción nutrimental obtenida en los tallos vegetativos del cv Mona Lisa nos muestran que para el caso de N, P, K Y Mg existen diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre cada una de las etapas de crecimiento, manteniendo una relación proporcional entre ellas. No obstante, en el caso del Ca, aunque se tiene un $\alpha=0.05$ la demanda de este elemento es mayor en la etapa IV presentándose diferencias más marcadas entre cada una de las etapas de crecimiento.

Finalmente la relación entre el análisis celular con el análisis de tejido vegetal aparentemente no existe, ya que los coeficientes de correlación obtenidos son muy bajos, por lo que se recomienda que al menos para este cultivo se utilice el análisis de tejido vegetal como método más exacto para cualquier programa de fertilización.

I. INTRODUCCIÓN

En México, la tradición del cultivo de plantas ornamentales se remonta a los tiempos prehispánicos estando asociada al culto religioso. Hace apenas 160 años que se desarrolló el cultivo de las plantas ornamentales con bases científicas, denominándose a dicha actividad floricultura u horticultura ornamental (Leszczyńska, 1990b).

La floricultura comercial es una forma de horticultura intensiva que se dedica a la producción de plantas ornamentales y cuyo objetivo principal es satisfacer las necesidades estéticas del hombre. La enorme diversidad de especies florales cultivables en campo o invernadero tienen una serie de ventajas y desventajas siendo de mayor interés los estudios de aquellas especies de reciente introducción, como lo puede ser la adaptación, la propagación, el aspecto cultural, la posible demanda de la especie a tratar, entre otros (Larson, 1988).

En México se dedican aproximadamente 7,000 Has a la producción de flores de corte, aunque solo 200 Has se cultivan en invernadero y el resto en condiciones de invernadero. La producción nacional asciende a 125 T, exportándose solo 14,985 (Bugarin, 1996).

Por lo que, existe el interés de introducir nuevas flores de corte con gran potencial económico como lo es la *Alstroemeria*, esta es una planta ornamental para flor de corte, su demanda se debe, en gran parte, por tener flores atractivas, con gran variedad de colores y también a su longevidad (Leszczyńska, 1990a).

En el género *Alstroemeria* hay alrededor de 60 spp, principalmente perennes que crecen de manera silvestre en los bosques tropicales y subtropicales de América del Sur, comúnmente se les conoce como liris de los incas y se distingue por la diversidad de colores de sus flores, tallos rígidos, foliados y por su larga vida de postcosecha.

Su distribución es amplia, se puede encontrar en áreas montañosas de los Andes, cuya altura es de 3000 msnm, hasta los bosques de mediana altura y en zonas desérticas en las costas de Chile y el Pacífico (Przybyła, 1994; Healy y Wilkins, 1985b).

Przbyla (1994) señala que la *Alstroemeria* se ubica entre los cultivos más importantes, y los híbridos de esta especie son cultivados en invernadero para flores de corte en Europa. Actualmente, el número de cultivares crece rápidamente y se obtienen mediante cruza convencionales o mutaciones, es importante mencionar que la flor una vez cortada puede sobrevivir por lo menos dos semanas, sin sustancias preservadoras.

El cultivo de *Alstroemeria*, hasta hace pocos años era limitado debido a que la época de producción se daba solamente en primavera. Actualmente, el interés por esta planta tiene como base la variedad de híbridos que posee. La producción de esta especie en la casa Van Staaveren, Holanda es de 150-300 tallos por m², lo que significa 50-100 tallos por planta al año y la duración del cultivo es de aproximadamente de 3 a 4 años dependiendo de la variedad (Schreuder, 1993). Por lo que, la producción de *Alstroemeria* tiene gran potencial económico, aunque cabe señalar que se están haciendo esfuerzos a nivel laboratorio principalmente por los países que la exportan, para producir más cultivares de la planta con tallos más cortos convenientes para la poda (Sánchez y Martínez, 1999).

En México es cultivada por empresas como Alstroemeria de la Montaña y Visa Flor, principalmente en el estado de México.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen y evolución de la *Alstroemeria*

El nombre de este género proviene del botánico sueco, el barón Claus Alstromer (1736-1796). Las especies de *Alstroemeria* son nativas de Sudamérica (Chile, Perú, Argentina, Brasil, Ecuador, Paraguay y Bolivia), siendo Chile el centro de distribución (Przybyla, 1994).

No está definido el número exacto de especies debido a su semejanza con la *Bromarea* y *Petermannia*, géneros relativamente cercanos (Przybyla, 1994). La *Alstroemeria* crece en un hábitat desde dunas de la costa (*A. pelegrinas* L.), lugares desérticos (*A. violácea* Phil), valles (*A. haemantha* Ruiz), bosques y hasta los límites de los Andes y pueden ser encontradas a 40° latitud sur de Chile.

En México, en la región de Villa Guerrero, Edo. de México, recientemente se cultiva mediante el trasplante de rizomas en bancales, utilizando como sustrato suelo y a dado buenos resultados, de aquí se exporta como flor de corte a diferentes países Martínez (1999).

Todos los cultivos de *Alstroemeria* son híbridos, los cuales son distribuidos por Holanda e Inglaterra. Muchos de estos cultivos se originaron desde la poliploidización e hibridación en varias especies y cultivos por mutación, esto es que las especies de *Alstroemeria* se cruzan en los programas de investigación sobre la reproducción en cultivos diploides (Schreuder, 1993).

2.2.1. Características biológicas

Clasificación taxonómica en el reino vegetal, Hutchinson (1979)

Phylum: Angiospermae

Subphylum: Monocotyledonae

División: Corolliferae

Orden: Alstroemeriales

Familia: Amaryllidaceae ** Clasificación Bellardi et al. (1998)

Género: *Alstroemeria*

La *Alstroemeria* alcanza una altura de 20 a 120 cm dependiendo de los factores ambientales. Tiene hojas invertidas por completo, de modo que la superficie superior esta del lado inferior, morfología de una adaptación a las condiciones climáticas. Número cromosómico =8 y es diploide.

Flores de forma de campanula, 6 pétalos de corona, 6 estambres y 1 estilo con 3 estigmas ramificados.

La planta de *Alstroemeria* tiene rizomas blancos de los cuales salen los brotes aéreos, que pueden ser vegetativos o generativos. Se presenta en forma de arbusto, con raíces absorbentes y de almacenamiento (Healy y Wilkins, 1991) (Fig.1).

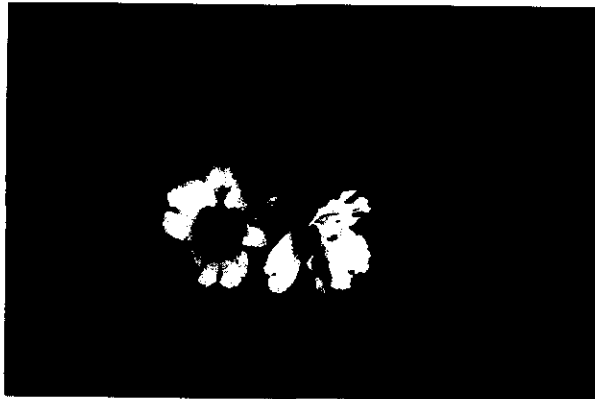


Figura 1. *Alstroemeria híbrida*

2.2.2. Factores Ambientales

La *Alstroemeria*, como todas las plantas, está influenciada de manera directa e indirecta por factores biológicos, físicos y químicos que inciden en el desarrollo y crecimiento de la misma.

La *Alstroemeria* es una especie que puede ser cultivada en campo e invernadero siendo más factible en este último para su producción con la finalidad de mejorar los procesos de calidad y floración todo esto se ha reflejado en un incremento económico, donde se controlan los factores climáticos por lo que no interfiere directamente en el desarrollo de las plantas.

2.2.3. Factores Físicos

2.2.3.1. Temperatura

En general, la *Alstroemeria* es sensible a altas temperaturas del suelo, siendo la temperatura ideal 20°C. En circunstancias de días largos las temperaturas mayores a 20°C dificultan la formación de botones para la floración de otoño y además retardan el nuevo crecimiento después de la floración en primavera.

En invierno debe existir una temperatura mínima de 12°C ya que este factor limita la producción, temperaturas más altas pueden causar pérdidas (Schreuder, 1993).

Labeke et al., (1993), reportan que cinco cultivares de *Alstroemeria* fueron sometidos durante tres años a temperaturas de 13-15°C en el suelo y con suplemento de luz en invernadero, dando como resultado un incremento en la producción de tallos florales con respecto al control. Altas temperaturas de aire (25°C) y fotoperíodos cortos (8 hrs) inducen formación de brotes vegetativos, mientras las bajas temperaturas (9-13°C) y fotoperíodos largos (12 hrs) inducen brotes florales en la variedad Orchid.

La productividad del cultivo depende de las condiciones de luminosidad, temperatura ambiental y programa de fertilización (Leszczyńska, 1990a).

2.2.3.2. Luz

En esta especie el fotoperíodos y la intensidad de luz controlan la iniciación de tallos florales. La mayoría de los cultivares exigen un mínimo de 13 horas a lo largo del día y 11 horas de noche, lo cual se puede proporcionar mediante lámparas incandescentes alcanzando 100 Lux/m².

Algunos cultivares recientes dan mejores resultados con un incremento de tallos florales en un 80 % en los meses de octubre a marzo aplicando lámparas sódicas de 9,500 lux (Leszczyńska, 1990a).

La luz y la temperatura son factores determinantes en la floración de la *Alstroemeria* y la producción de tallos vegetativos (Bridge y Bartok, 1990), ambos autores determinaron que la temperatura del sustrato también es un factor crucial para la floración de esta especie. Por lo que para asegurar la floración de *Alstroemeria* deben mantenerse los rizomas a temperaturas de 5 – 15 °C, si el fotoperíodos es largo y/o la intensidad lumínica es ligera.

2.2.4. Sustrato

Estrictamente, el cultivo hidropónico se realiza en soluciones airadas con un balance predeterminado de aniones, cationes y concentraciones de presiones osmóticas, con un pH óptimo para brindarle a la planta condiciones de mínimo esfuerzo en sus procesos fisiológicos y así posibilitar los máximos rendimientos de cosecha. No obstante, la raíz requiere de un sistema de sostén y por otro lado, se requiere de energía para suministrar la aireación (oxígeno para la respiración de las plantas), lo que incrementa los costos.

El uso de sustratos en la producción de cultivos en hidroponía tiene ventajas como el incrementar la producción, facilidad del suministro de nutrimentos, mejor aireación, control fitosanitario y homogeneidad del medio. Sin embargo, también tiene sus desventajas ya que no tienen la capacidad de amortiguamiento de pH o exceso de sales y en general los hacen vulnerables ante cualquier fallo o error en su manejo (Zamudio, 1996). La función

de los sustratos es sustituir al suelo agrícola proporcionando a las plantas las condiciones de estas propicias para su desarrollo.

Existe gran variedad de sustratos que se puedan utilizar en este sistema, entre los más usados se encuentran, el tezontle, agrolita, aserrín, arena, etc. El cultivo en grava es una de las técnicas más utilizadas dentro de la hidroponía, de entre los materiales que se consideran como grava y que son más usuales están el tezontle, piedra pómez, etc. este tipo de cultivo hidropónico generalmente es suministrado por subirrigación (Sánchez y Escalante, 1983).

Asimismo, este material tiene gran capacidad de retención de humedad y puede ser utilizado particularmente en áreas tropicales donde la tasa de transpiración es alta (Bugarín, 1996).

El tezontle cumple con los requisitos propuestos por Van Os (1994):

- Resiste a la esterilización
- No disminuye sus propiedades físicas durante su uso
- Vida útil de por lo menos 3 años
- Bajo costo.

Steiner (1973), señala que utilizando el tezontle como sustrato y regando una o 2 veces al día con una solución nutritiva bien aireada se pueden obtener buenos resultados en un sistema de subirrigación. Si la frecuencia de riego no es suficiente puede desarrollarse una deficiencia nutrimental, incluso cuando exista una adecuada cantidad de éstos en la solución nutritiva.

Por otro lado, Baca (1983) indica que el tezontle rojo tiene gran capacidad de absorber iones de K y P, además por su porosidad permite la manifestación de un sistema acuoso de película delgada, extensivo al espacio libre aparente radical en el cual puede tener acceso una mayor cantidad de estos iones mediante efectos difusivos, cuando en el sistema hidropónico existe un buen intervalo de riego.

Es importante que la granulometría de estas partículas sea lo más uniforme en el rango de 4-15 mm ya que la mezcla de diferentes tamaños de partículas de tezontle ocasiona un bajo suministro de oxígeno a las raíces (Steiner, 1968).

Lisiecka (1981) menciona que la *Alstroemeria* es exigente en cuanto al sustrato y a su vez requiere ser permeable a la materia orgánica para promover una mayor producción y una mejor calidad a la flor.

Meer, 1991 (citado por Martínez, 1999) señala que, en un experimento desarrollado en Holanda utilizando como sustrato turba finlandesa y agrolita, el crecimiento en el cultivo de *Alstroemeria* fue constante en el caso de la agrolita, concluyendo que el éxito en la producción de este cultivo es usar sustratos con una relación correcta de aire – agua.

2.2.5. Manejo del Cultivo

2.2.5.1. Propagación

La *Alstroemeria* se propaga vegetativamente, por división de rizomas e *in vitro*, generalmente deben ser removidas cada tres o cuatro años dependiendo del cultivar y de las características de crecimiento de las variedades de esta especie. La mayoría de las producciones de *Alstroemeria* tiene su patente por lo cual se debe pedir permiso para propagarlos (Leszczyńska, 1990a).

2.2.5.2. Plantación

La casa Van Staaveren recomienda que la fecha de plantación debe ser de acuerdo a las condiciones climatológicas, por ejemplo, zonas con mucho calor en septiembre, zonas con veranos moderados en mayo. En circunstancias de días largos con temperaturas del suelo mayores a los 20 °C dificultan la formación de botones para la floración de otoño y además retardan el nuevo crecimiento después de la floración de primavera.

Se debe intentar mantener una humedad relativa al 80-85%, una buena ventilación tanto en invierno como en verano. Por regla general la *Alstroemeria* reacciona en forma favorable a una abundante cantidad de agua (Schreuder, 1993).

Blom y Piott (1990), señalan que normalmente los rizomas se plantan en Octubre - Diciembre en invernaderos con orientación latitud norte. La producción comienza en Marzo y Abril continuando hasta Junio – Julio, cuando los rizomas dejan de producir tallos florales y comienzan a desarrollar en mayor número tallos vegetativos.

2.2.5.3. Cosecha

Esta especie puede ser cosechada cuando el botón este por abrir, sin embargo, el punto de corte depende más de lo que el mercado pida, se pueden cortar los tallos o arrancarlos.

Healy y Wilkins (1985b), clasifican la producción de *Alstroemeria* en tres calidades de acuerdo a los Parámetros fenológicos presentados en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación por Calidad para el cultivo de *Alstroemeria*

Calidad	Longitud (cm)	Número de ramificaciones de inflorescencias por tallo
primera	90 en adelante	5 o más
segunda	60	4-3
tercera	30	3

2.2.5.4. Mantenimiento del cultivo

Se debe evitar el exceso de vegetación al igual que su escasez, buscando siempre un equilibrio; para ello se requiere de eliminar con frecuencia los tallos ciegos o finos.

Healy y Wilkins (1985a) recomiendan removerlos constantemente cada tres o cuatro semanas para acelerar el crecimiento de los rizomas naturales e influir en la producción de flores (Figs. 2 y 2a).

Cuando hay un incremento en la vegetación disminuye la calidad de los tallos florales y los brotes nuevos son cada vez más altos y finos. La disminución en la vegetación provoca poca protección natural, lo que retrasa la próxima floración o bien, la producción de muchos tallos vegetativos.



Figura. 2. Exceso de vegetación en *Astroemeria*. Figura. 2a Planta deshijada de *Astroemeria*

2.2.6. Fertilización

Asimismo, la dosificación y el movimiento de agua y de los nutrimentos a través del sustrato son componentes esenciales para alcanzar ventajas que ofrece la tecnología del fertirriego en la prevención de la contaminación del ambiente, la eficiencia en el uso de agua y nutrimentos se refleja con los altos rendimientos (Hagin, 1980).

El término fertirrigación se refiere a la aplicación conjunta de agua y fertilizantes, a través de pequeños emisores colocados sobre o por debajo de la superficie del sustrato, cerca de las plantas. El empleo de riego por goteo y la fertilización simultáneamente ha tenido auge en el mundo en años recientes, debido a que con esta tecnología se consigue un considerable ahorro de agua y de fertilizante lográndose aumentar la producción y la calidad de los cultivos, además se consigue mayor precisión en la programación de la aplicación de nutrimentos de acuerdo a los requerimientos del cultivo.

La idea básica para el estudio de la fertirrigación utilizando diferentes sustratos parte de la hidroponía (fig. 3), para conseguir que la planta tome los nutrimentos

de la forma óptima es necesario que estos se encuentren en concentraciones y relaciones adecuadas en la disolución del fertilizante. De esta forma se evitan fenómenos negativos como efectos osmóticos y antagonismos que perturben la absorción de nutrimentos por la planta (Cadahía, 1998).

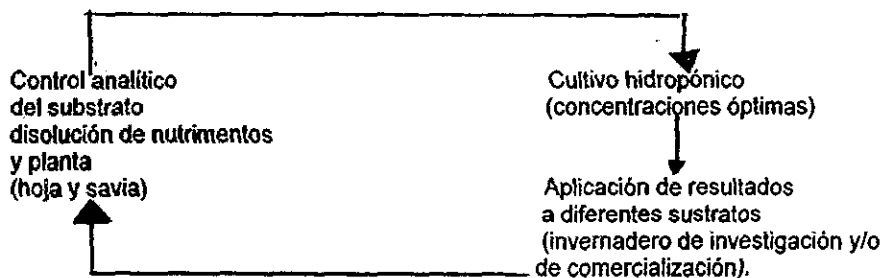


Figura 3. Relación entre el cultivo hidropónico y la fertilización en diferentes sustratos

De acuerdo a los resultados obtenidos por Lisiecka y Szczepaniak en 1992 en cultivos de *Alstroemeria*, la fertilización es un factor importante en el rendimiento de las plantas, la relación del nivel y tipo de fertilizantes está dado por el crecimiento y floración de la especie.

Además, requiere de sustratos ricos en componentes nutritivos y en algunos períodos estos reaccionan intensamente a la fertilización nitrogenada. De igual manera resulta benéfico fertilizar cada semana con una solución nutritiva al 0.2% y en particular, aplicar nitrógeno, siendo la dosis óptima de 175 mg por planta.

La *Alstroemeria* requiere de suelos fértiles, no obstante, éste cultivo es sensible a las altas concentraciones de sales en el suelo. Los fertilizantes deben ser distribuidos regularmente durante todo el año, evitando dosis elevadas en períodos prolongados (KÖNST ALSTROEMERIA, 1998).

2.2.6.1. Cultivo de *Alstroemeria* en fertirriego

Sánchez y Martínez (1999), señalan que la eficiencia del agua y los fertilizantes será mayor mediante la aplicación de riego por goteo, recomendando que las concentraciones adecuadas de la solución nutritiva completa para el cultivo de esta especie en hidroponía se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2 Solución nutritiva utilizada en el cultivo hidropónico para *Alstroemeria*

Nutrimiento [mmol L ⁻¹]	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
	0.9	3.5	2.0	1.1	8.4	1.1

En el cuadro 3 se consideran las cantidades de fertilizantes necesarias para adicionar las concentraciones mencionadas en el cuadro anterior en 100 Kg de fertilizante por cada 1000 L de agua.

Nota: A partir de este punto se utilizarán palabras claves como:

C.E. = Conductividad eléctrica

P.O. = Potencial osmótico

MPa = Unidades utilizadas en el potencial osmótico (megapascales)

dSm = decisiemens

Cuadro 3. Fertilizantes y cantidades requeridas para el cultivo de *Alstroemeria* en fertirriego (Sánchez y Martínez, 1999).

Contenedor	Fertilizante	Contenido de CaCO ₃ en suelo (%)		
		<1	1-2	2
Contenedor A	Nitrato de calcio	73	37	-
	Nitrato de potasio	12	29	47
	Nitrato de amonio líquido	7	23	39
Contenedor B	Nitrato de potasio	48	31	14
	Sulfato de magnesio	46	47	
	Nitrato de amonio	7	23	39
	Bórax	0.5	0.5	

Los fertilizantes se mezclan por separado en los dos contenedores, porque en la solución nutritiva están presentes el calcio (CaNO_3) y el azufre como MgSO_4 , ya que estos pueden precipitarse en forma de CaSO_4 (yeso). Esta solución generalmente tiene una C.E. de 1.1 dS m^{-1} , lo que equivale a 0.9 g de fertilizante por litro de agua.

Smith et al., (1998) determinaron que la concentración de calcio en la solución de fertilizante no tiene efecto significativo en el número de tallos de la flor producidos por planta, número de flores y brotes de flor en cada tallo. La longitud media de los tallos florales y la biomasa seca, disminuye con concentraciones de calcio de 8-12 mm en las fertilizaciones que se llevaron a cabo dentro del cultivo de esta planta.

Sin embargo, la fertilización con nitrógeno incrementó el número de tallos vegetativos, la longitud del tallo floral, así como el número de flores por tallo y el brote de tallos florales, con un incremento considerable de biomasa seca. Las plantas fertilizadas con concentraciones de nitrógeno de 28.5 mmol/L produjeron mayor número de flores de mayor calidad y con una floración temprana.

2.2.7. Hidroponía

Los cultivos en ausencia de suelo han sido un arma valiosa en la investigación, pues permiten a los fisiólogos descubrir muchos de los mecanismos de nutrición, crecimiento y desarrollo de las plantas. 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 agua y en el que en vez de suelo, se utiliza como sustrato un material inerte, o simplemente la misma solución (Sánchez y Escalante, 1983).

La hidroponía se inicia cuando Woodward en 1699, hizo crecer una planta de hierbabuena con diferente tipo de agua, de lluvia, de río y de canales, notando que alcanzó mayor tamaño en menor tiempo la que se nutrió con el agua que contenía alta cantidad de minerales. A este hecho se le considera como el inicio de la investigación hidropónica (Sánchez y Escalante, 1983).

En la actualidad se considera a la hidroponía como una rama establecida de la agronomía que está en expansión, en la cual participa la física, química, fisiología y nutrición vegetal, entre otros.

La mayoría de los autores coinciden en dividir y agrupar en cuatro categorías los métodos hidropónicos:

I.- Cultivo en solución nutritiva, también llamado cultivo en agua y de acuicultura. Consiste en sumergir la raíz de la planta total o parcialmente en una solución nutritiva que compense todas las necesidades de la planta en cada una de las etapas de desarrollo o crecimiento lo cual incluye al oxígeno.

II.- Cultivo en agregado es todo aquel que utilice un agregado o basamento para la planta que sea lo bastante permeable para permitir que la raíz de la planta pueda tener contacto con la solución nutritiva que se proporcione a la planta (aserrín, arena, vermiculita, perlita, etc.).

III.- Cultivo en grava, consiste en utilizar como sustrato todo tipo de grava conocido así como ladrillo quebradizo, carbón, tezontle, etc.

IV.- Técnicas misceláneas o diversas. Comprende varios grupos de métodos poco diferentes a los anteriores como puede ser el de riego automático de macetas con sustancias nutritivas, el cultivo de forraje hidropónico, la técnica de película nutritiva, etc.

En general no se puede decir que uno u otro método sea el mejor, eso depende del que uno elija basado en los factores exógenos tales como: clima, temperatura, humedad, terreno, localidad donde se viva, disponibilidad de nutrimentos, mercado para lo que se quiera producir, etc.

La principal característica que debe tener un cultivo para su producción en hidroponía y para que éste sea redituable es que tenga una alta demanda en el mercado y buen estado sanitario, que haya garantía de ser comercializado a buen precio y que pueda salir al mercado cuando la producción sea baja (Lara, 1998).

Ventajas de la hidroponía:

- Esta técnica permite cultivar en zonas áridas, lo mismo que en zonas templadas y tropicales.
- Se puede cultivar en lugares donde el suelo es pobre en nutrientes, muy salino o alcalino, pedregoso o con mucha pendiente que hace imposible su riego.
- Es ideal para evitar que la tierra se degrade por el uso del cultivo tradicional.
- La producción de hortalizas en lugares donde son muy caros y/o escasos.
- Cultivar flores y plantas ornamentales.
- Producir plantas medicinales y aceites esenciales.
- Producción intensiva de forraje y obtener semillas certificadas.

Otras de las ventajas de la hidroponía son: el balance ideal del aire, agua, nutrientes, humedad uniforme, excelente drenaje lo que permite una mayor densidad de población, la fácil y rápida corrección de deficiencia y control del pH.

Es de mencionarse que también existen desventajas en este método, tales como:

__Requiere en el ámbito comercial del manejo de conocimientos de nutrición y fisiología vegetal, además de química inorgánica.

__A nivel comercial, el costo es relativamente alto.

__Necesita de una buena preparación y manejo de solución nutritiva.
(Resh, 1987).

Actualmente, se ha probado que los principales cultivos hidropónicos producen al menos lo mismo que el mejor suelo. La igualdad de producción es válida bajo las mismas condiciones climáticas.

2.2.7.1. Cultivo de *Alstroemeria* en hidroponía

La producción en Holanda de *Alstroemeria* en 1983 por la casa Van Staaveren era de 150-300 tallos por m², lo que significaba 50-100 tallos por planta al año, actualmente

KÖNST ALSTROEMERIA (1998), reporta que dependiendo de la variedad es posible obtener en promedio 190 tallos florales m^2 año⁻¹ de *Alstroemeria* en suelo, sin embargo, con el cultivo de ésta especie en condiciones de hidroponía (fig. 4) se obtuvieron 435 y 202 tallos florales por m^2 tan solo en 5 meses en los cultivares Mona-Lisa y Red-Sunset, respectivamente (Martínez, 1999).



Figura. 4 Cultivo de *Alstroemeria* híbrida bajo condiciones de hidroponía y riego por goteo.

2.2.8. Riego

La utilización de nuevas tecnologías agrícolas que permiten incrementar la producción por unidad de superficie mejorando a la vez la calidad comercial del producto, se va implementando a gran velocidad. El desarrollo de estas tecnologías y las ventajas de utilizar los sistemas de riego por goteo imponen una mayor eficiencia en el conocimiento de la nutrición de las plantas con respecto a su medio ambiente (Burgeño, et al 1994).

En México se ha incrementado considerablemente la adopción de métodos de riego localizado. El creciente interés por la aplicación del riego por goteo no solo proporciona un ahorro de agua, sino que también reduce al máximo los costos operacionales y de equipo para obtener mayor cantidad y calidad de productos (Valenzuela, 1997). El riego por goteo tiene beneficios desde el punto de vista ecológico y económico al fertilizar el cultivo a través de este sistema, según se vaya requiriendo.

El riego por goteo es un sistema de humedecimiento limitado del sustrato, en el que se aplica agua solamente a una parte del volumen del sustrato ocupado por el cultivo. El sistema se basa en las líneas regantes que conducen agua (laterales), en las cuales están insertadas los goteros. La unidad de riego es el gotero, el cual aplica agua gota a gota; alrededor de cada gotero se forma una zona de sustrato húmedo denominado "bulbo" por su forma característica.

Dentro de dicho bulbo se forman tres zonas con distinto contenido de agua y aire:

- a) zona saturada, debajo y alrededor del gotero, en la cual existe un exceso de agua y carencia de aire.
- b) zona de equilibrio, en la cual existe una relación óptima entre agua-aire.
- c) zona seca, donde existe un déficit de humedad y un máximo de aire

Las plantas de mucho follaje como la *Alstroemeria* requieren de riegos más frecuentes cuando se tiene también sustratos de grava como el tezontle. Martínez (1999), determinó que para el caso de esta especie se obtiene mejores resultados en su producción cuando son regados dos veces al día entre las 8-9 hrs y el segundo riego entre 13-14 hrs. Por otro lado, Lisiecka y Szczepaniak (1992) establecen que las plantas requieren de 1.5 a 2.0

dm³ de agua por planta por semana, puesto que dosis diferenciadas de agua influyen en la calidad y longevidad del brote de la inflorescencia.

Cultivares de variedades de *Alstroemeria* como Rosario y Pink Panther disminuyen su crecimiento cuando el agua de riego contiene valores de C.E. mayores a 0.5 dSm⁻¹ (KÖNST ALSTROEMERIA, 1998), por cada unidad que se incrementa la C.E. el crecimiento de estas variedades disminuye en un 15 %, el número de tallos el 10 %, el número de flores por tallo un 8 %.

KÖNST ALSTROEMERIA (1998), señala que los valores límite de C.E., Na⁺ y Cl⁻ en el agua de riego para el cultivo de *Alstroemeria* por goteo es el siguiente:

Cuadro 4. Valores de C.E. para *Alstroemeria*.

Tipo de riego	C.E. (dSm ⁻¹ , 25°C)	Na ⁺ (mmol L ⁻¹)	Cl ⁻ (mmol L ⁻¹)
Goteo	1.5	4.5	4.5
En sustrato	1.0	3.0	3.0

2.2.9. Plagas y enfermedades

El cultivo de *Alstroemeria* es muy sano y tiene pocos problemas de plagas y enfermedades (Schreuder, 1993).

2.3. Condiciones ecológicas, sociales y económicas del proceso productivo

Actualmente se considera que el 59.4 % del territorio nacional tiene potencial agrícola y de éste el 20.08% corresponde a tierra laborable, de esta superficie 5.2 millones de Has son de riego y el resto (18.3 millones de Has) son tierras de temporal, los terrenos con riego donde se puede tener buena planeación solo abarcan el 15.6%, ya que no se ven afectados por otros factores del medio. Aproximadamente 10.8 millones de Has de la superficie de temporal son laborables, las restantes 7.5 millones de Has se consideran como tierras improductivas, principalmente por su grado de aridez (Rodríguez, 1989).

Todo lo anterior ha propiciado entre otras cosas el alto nivel de incertidumbre en el cual se practica la agricultura tradicional, y los problemas socioeconómicos que ello implica. Un aspecto fundamental que caracteriza el proceso productivo del pequeño productor es que se realiza en explotaciones de reducido tamaño. A esto, habría que añadir que la floricultura se desarrolla predominantemente en agrosistemas limitativos, tanto por el suelo como también por el clima, lo anterior aunado al hecho de que los productores usan bajos niveles tecnológicos en su actividad dando lugar a los bajos rendimientos de los cultivos que se obtienen en dicha labor.

La escasa cantidad del producto florícola que vende muchas veces de manera temporal provoca que el productor tenga bajos ingresos. Esta realidad, obliga al productor a buscar otras actividades para complementar sus ingresos.

Una de las alternativas a este problema se encuentra en la hidroponía que es un sistema agrícola de producción intensiva que en el ámbito nacional puede ser desarrollada en esta rama agronómica importante dentro de los contextos económicos, ecológicos y sociales basada en la flexibilidad del sistema, siendo útil para el mercado que se encarga de la distribución de flores a nivel nacional.

2.4 Nutrición mineral

Los requerimientos nutritivos de las plantas no son constantes a lo largo de su ciclo (Penningsfeld y Kurzsmann, 1983) sino que dependen del tipo de la planta, condiciones ambientales, del momento fenológico escogido, etc., siendo conveniente determinar el ritmo de absorción de los nutrimentos para diagnosticar el estado nutritivo óptimo de las plantas en cada momento fisiológico, lo cual es una base previa e impredecible para una política eficaz de fertilización y cultivo (Carpena, et al 1986).

La nutrición vegetal se define como el conjunto de relaciones existentes entre determinados componentes químicos y la planta entre el medio interno o en sus interfaces con el medio exterior (Prével et al, 1984).

La nutrición mineral varía entre los vegetales y esta determinada por la absorción radical de los elementos esenciales desde la solución del suelo. En ella, estos elementos se encuentran disueltos en forma de complejos simples como los micronutrientes de naturaleza metálica (Cu, Mn, Fe, Zn) o en sales solubles (K, P, B, S, Cl, Mo), como en sales (Ca, Mg, y K) como cationes. Esta actividad está regulada por otros constituyentes del suelo, como el complejo coloidal humus - arcilla quienes actúan como un reservorio desde el cual liberan de manera regular los elementos esenciales a través de los procesos de intercambio iónico, competencia de complejos con diferente capacidad de coordinación química y mineralización (Lachica y González, 1985).

2.4.1. Demanda y suministro nutrimental

Uno de los objetivos fundamentales del estudio de la nutrición de las plantas es el establecimiento de las normas técnicas de fertilización que permitan obtener un máximo de calidad y rendimientos de los cultivos (Martínez, 1999).

Las hojas constituyen el órgano principal de utilización de nutrimentos, donde los elementos metabólicos llevan a cabo la función reguladora y además, son utilizados para la síntesis de componentes que posteriormente son exportados a otras partes del vegetal, por lo tanto, la hoja es considerada como el órgano representativo del vegetal para estudios nutrimentales. Para determinar el estado nutrimental de una planta es necesario considerar los procesos de nutrición para el mejor manejo e interpretación de los resultados.

2.4.2. Técnicas de diagnóstico nutrimental

Se han desarrollado técnicas de diagnóstico, para determinar los problemas nutrimentales de los cultivos y tomar medidas correctivas en su momento, las técnicas comúnmente utilizadas son de manera cualitativa el diagnóstico visual, y cuantitativas como el análisis químico vegetal (demanda nutrimental), análisis minerales de savia en tejidos conductores, el diagnóstico de la fertilidad de los suelos y los bioensayos (Sánchez y Martínez, 1999).

Generalmente, no siempre es posible reconocer la causa de la anomalía con un solo síntoma, ya que existen síntomas típicos y atípicos, el primero hace referencia a que un elemento suele tener el mismo comportamiento en cualquier especie de planta. Por ejemplo, las deficiencias de macronutrientes se presentan en las hojas adultas y las deficiencias de micronutrientes en las hojas jóvenes.

Los síntomas atípicos pueden presentarse por numerosas causas, por ejemplo un crecimiento restringido se presenta por deficiencias nutrimentales, sequía, luz, etc. Por lo tanto, es imprescindible contar con los síntomas típicos puesto que con los atípicos no es posible determinar un diagnóstico, para que este sea realmente confiable (Sánchez y Martínez, 1999).

2.4.3. Análisis químico de tejido vegetal:

El análisis químico de tejido vegetal permite medir los contenidos de nutrimentos en la planta complementando esto con información de Parámetros ambientales como el clima, manejo de especie, etc. Para llevar a cabo el análisis vegetal se debe considerar varios aspectos (Alcántar, 1992).

- a) Hacer un muestreo
- b) preparación y acondicionamiento de las muestras
- c) secado y molienda
- d) tipos de análisis químico para nutrimentos solubles o totales
- f) interpretación de resultados.

En el caso de la *Astroemeria* es importante considerar la fecha de muestreo, órgano a muestrear y la cantidad de muestras. El contenido de nutrimentos en los órganos de esta especie es diferencial. Para fines de diagnóstico, el análisis de tejido foliar es el que mejor se correlaciona con el estado nutrimental de la planta, Sánchez y Martínez (1999), recomiendan la colecta de hojas maduras, preferentemente antes de la floración.

El análisis de la planta puede ser considerado como un medio clásico de control en la nutrición y de la fertilización dentro de los cultivos. El órgano de referencia como ya se ha

mencionado es la hoja, ya que es la parte de la planta más fácil de tomar. Es por ello, que recientemente se ha diseñado una técnica más simple y rápida para el seguimiento nutricional de los cultivos, mediante el análisis de savia.

Hasta hace pocos años se ha utilizado solamente el método clásico de análisis de planta conocido como análisis foliar con el fin de determinar las necesidades nutritivas del cultivo. Los resultados que se obtienen no dan, en un gran número de casos una orientación suficiente para dicho objetivo.

La causa es que la hoja suministra más bien la suma de los estados nutritivos desde que comenzó su desarrollo hasta el momento en que es seleccionada para el análisis, por lo cual, en la mayoría de los casos prácticos en que se recurre a este tipo de análisis lo que se desea es conocer las necesidades de fertilización en ese momento; los datos de dicho análisis, tal como se realiza, nunca resultan concluyentes para este fin.

Esta ha sido la razón, por la que es necesario recurrir a otro método que pueda indicar realmente las necesidades de fertilización en ese momento y a desarrollar otra técnica que no presente inconveniente para determinado cultivo (Hernando y Cadahía, 1973).

2.4.4. Análisis de extracto celular (savia)

Las ventajas que presenta este método son muy grandes cuando se desarrolla de forma que se estudien sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en la savia, fundamentalmente las secundarias.

La razón de elección de esta técnica radica en que la cantidad de un elemento en forma inorgánica que se encuentra en el jugo extraído de un tejido conductor, que es el material escogido para este tipo de análisis denominándosele savia, es función directa de la absorción que se está realizando por las raíces o más bien de la cantidad que hay disponible en el medio de cultivo, a pesar de que el jugo analizado contiene los iones minerales ascendentes y descendentes que han sido utilizados en las reacciones metabólicas. La cantidad de nutrimentos que es absorbida por las raíces se traslada por los tejidos conductores a las hojas y frutos, aunque por esos mismos tejidos descienden

también los iones inorgánicos que no han sido utilizados en los procesos de fotosíntesis, trasladándose a otras zonas de la planta donde se hacen más necesarios.

Sin embargo, los valores obtenidos con el análisis de savia de manera directa en forma inorgánica nos dan indicaciones claras de las condiciones nutricionales de la planta en la época en que se toma la muestra; resultando útil para una posible modificación en la fertilización del cultivo (Hernando y Cadahía, 1973).

El análisis de savia parece ser más sensible que el foliar respecto al potencial nutritivo del suelo, según datos obtenidos para elementos como Cl^- , Na^+ , K^+ etc.

Asimismo, experimentos realizados en cultivos de tomate han demostrado que la concentración de elementos disminuye en las horas de máxima luminosidad y viceversa, puesto que al aumentar la intensidad luminosa debe incrementarse la transformación de los elementos absorbidos por la planta, elevándose la producción del material vegetal.

Según Morard (citado por Burgeño et al., 1994), la cantidad global de un elemento presente en el jugo vegetal, refleja las condiciones de absorción y la fracción iónica de un elemento mineral, constituye un excedente o una reserva de donde la planta se abastece según sus necesidades, lo que implica tomar en consideración los siguientes Parámetros:

- a) La insolación (intensidad de luz)
- b) La hora del día
- c) La edad y estado de desarrollo de la planta
- d) La temperatura y humedad relativa del medio ambiente.

A partir de esto, contrariamente al diagnóstico foliar, es imposible referirse con esta técnica a los valores estándares óptimos de concentración de los elementos minerales presentes en las plantas (Burgeño et al., 1994).

Asimismo, existen otros mecanismos para establecer el estado nutrimental de las plantas en correlación con sus aspectos fisiológicos, esta relación puede establecerse mediante técnicas fáciles y rápidas que pueden ofrecer el uso de aparatos medidores y/o indicadores del desarrollo y comportamiento de la planta.

La aparición en el mercado de instrumentos portátiles para determinar NO_3^- y K^+ conocidos como ionómetros tienen la capacidad de medir en campo la concentración de los elementos antes mencionados en el extracto celular (Westcott, 1993); *in situ*, ayudan a realizar los análisis de savia, en los cuales se relaciona la concentración con la cantidad aplicada y producción final manifestando los valores deseables, las concentraciones críticas de los nutrimentos o rangos críticos nutrimentales.

El empleo de mediciones para estimar la concentración de nitratos en la savia de plantas ha tenido un uso particular, principalmente para diferenciar los cambios de estado del nitrógeno del cultivo durante su desarrollo, detectando con ello las posibles deficiencias del elemento. El criterio utilizado se basa en la correlación relativa del nitrato del peciolo en comparación con los rangos críticos de nutrimentos (Burns y Hutsby, 1984).

La determinación del nitrógeno en el cultivo se puede facilitar con el uso de pruebas de tejido como herramienta para el manejo del N, el medidor portátil de nitratos (Horiba Cardy), puede proveer su concentración en el peciolo; estudios realizados por Westcott (1993), han demostrado coeficientes de correlación altos al comparar las concentraciones de la savia con la concentración en el tejido seco.

2.4.5. Contenido de Clorofila

El SPAD 502 es un instrumento portátil que mide de manera rápida y no destructiva el contenido de clorofila o verdor de las hojas, el cual se ve afectado por un sinnúmero de factores, entre los cuales destaca el estado del nitrógeno en la planta.

El uso de este aparato permite de manera eficaz y rápida establecer y/o corregir las deficiencias potenciales de nitrógeno en campo, siendo apropiado cuando la adición de nitrógeno puede ser aplicada a través de sistemas de irrigación.

La determinación de nitrógeno por pruebas dinámicas se ha desarrollado con la finalidad de estimar las concentraciones y ser empleados como herramientas de diagnóstico (Mitchell, et al, 1991).

El concepto de usar pruebas de tejido para preveer y ser utilizadas como indicador del estado del nitrógeno en cultivo es reciente. Nuevas investigaciones indican una estrecha relación entre el contenido de la clorofila en las hojas y el nitrógeno en estas, por estar la mayoría del nitrógeno presente en la molécula de clorofila. Además, no solo permite verificar las posibles demandas de nitrógeno sino que también puede predecir la clorosis férrica (Peryea y Kammereck, 1997).

El SPAD 502 determina cantidades relativas de clorofila presentes por mediciones de absorbancia de la hoja en dos regiones de longitud de onda (rojo 400 -500 nm y azul 600 - 700 nm).

El SPAD como instrumento medidor de clorofila en tejido posee algunas ventajas sobre otros métodos de análisis de tejido como lo es el aspecto económico, al ser una técnica no destructiva y rápida a utilizar en los programas de fertilización, que permitan incrementar la eficiencia de fertilizante y minimizar los riesgos de reducción del rendimiento.

Algunos factores que afectan las lecturas SPAD son la variedad o diferencias en híbridos. El estado de crecimiento puede afectar la coloración verdosa, condiciones ambientales como temperatura, deficiencias de nutrimentos y otra clase de estrés de la planta, generalmente son factores que influyen en la producción de clorofila y por consiguiente el verdor de las hojas.

En años recientes el SPAD ha sido utilizado como una medida indirecta de la concentración de nitrógeno en la hoja (Mitchell et al., 1991). En investigaciones realizadas por Fontes, et al (1997) han utilizado el contenido de clorofila en la planta para asignar el estado del nitrógeno del cultivo, incluyendo maíz (Wood et al., 1992), trigo (Follet et al., 1992), papa (Vos y Bom, 1993) y toronja (Li y C., 1998).

En prácticas recientes con el uso del SPAD en *Alstroemeria* c.v. King cardinal se han reportado datos de que cuando se tienen rangos óptimos de temperatura (16° y 17°C) estos influyen sobre la formación de rizomas y rendimiento de flores (Martínez, 1999 y Córdoba et al., 1999), en periodos de invierno donde la temperatura es cercana a la óptima para el cultivo, el desarrollo del mismo se vió favorecido, incrementando su

requerimiento nutrimental en la concentración de nitrógeno manifestado en el contenido de clorofila. Al ir aumentando la temperatura disminuye el requerimiento del nitrógeno y por lo tanto, los valores registrados con el SPAD 502 se mantuvieron estables, observándose una relación estrecha entre Parámetros morfométricos y las lecturas SPAD.

2.4.6. Solución nutritiva

En sistemas hidropónicos los elementos esenciales son suministrados por una solución nutritiva en forma asimilable por las raíces de las plantas, a excepción del carbono, hidrógeno y oxígeno, mediante la disolución de sales fertilizantes en agua las cuales se disocian quedando los elementos o compuestos en forma iónica (Resh, 1983).

La composición de la solución es importante para todo cultivo hidropónico (Penningsfeld y Kurzmann, 1983). Sin embargo, cabe señalar que no existe una formulación única ya que las concentraciones óptimas de los elementos dependen de varios factores tales como: especie y variedad vegetal, estado de desarrollo de la planta, parte de la planta que será cosechada, estación del año, clima y calidad del agua.

El hecho de que en los cultivos hidropónicos se empleen materiales inertes como sostén del desarrollo vegetal, implica simultáneamente, la falta de propiedades básicas del suelo como lo es la liberación de nutrimentos, así como tampoco posee capacidad de amortiguamiento que evita las fuertes variaciones observadas al adicionar ácidos, sales o fertilizantes al preparar la solución nutritiva. Por lo que el conocimiento de su composición y control son requisitos ineludibles para la práctica de la hidroponía (Alcalde, 1990).

Steiner (1961), menciona que una solución nutritiva verdadera debe cumplir con las siguientes características:

- I.- Relación mutua de aniones
- II.- Relación mutua de cationes
- III.- Concentración iónica
- IV.- pH con tolerancia *

Posteriormente Steiner (1966), desarrolló una serie de experimentos para varios cultivos con doce diferentes concentraciones de soluciones nutritivas probadas al óptimo para lograr un mejor desarrollo y producción, se encontró en una región limitada del hiperespacio explorando en un sistema de triángulo equilátero para formular prácticamente todas las combinaciones posibles de aniones y cationes, dando origen a la "solución nutritiva universal de Steiner" (cuadro 5).

La concentración iónica total asciende a 30 mmol L^{-1} que en términos de presión osmótica corresponde a 0.72 atm ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) con un $\text{pH } 6.5 \pm 0.1$. Destacando que estos dos aspectos no son universales y que la universalidad se refiere solamente a las relaciones mutuas entre aniones y cationes, resultando diferentes formulaciones al variar la presión osmótica y el pH, dependiendo del cultivo y clima en que se desarrolle, la concentración iónica total puede ser distinta al igual que el pH, lo cual significa que siempre para la misma relación pueden derivarse diferentes formulaciones (Steiner, 1984).

Cuadro 5. Solución nutritiva universal de Steiner (1968) con un $\text{pH } 6.5 \pm 0.1$

K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	NO_3^-	$\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$	SO_4^{-2}	(meq/l)
7.2	9.0	4.0	11.9	1.0	6.9	

Morfa (1997), citado por Martínez (1999) señala que el método de Steiner constituye la herramienta de mayor flexibilidad para formular una solución nutritiva con el agua de riego disponible, en comparación con otros métodos o soluciones nutritivas preestablecidas.

2.4.7 Concentración iónica total

Steiner (1968), establece que la concentración iónica total en términos de presión osmótica es el factor más importante para el crecimiento, desarrollo y producción de una planta.

Posteriormente demostró que la relación mutua de absorción nutrimental está determinada principalmente por la fase de crecimiento y presión osmótica de la solución nutritiva, señalando también que la intensidad lumínica y la temperatura ambiental influyen en su crecimiento y desarrollo de las mismas.

Cabe señalar que la concentración iónica total de una solución nutritiva (mmol L^{-1}) puede expresarse en términos de presión osmótica. Al respecto Epstein (1972), citado por Bugarín, 1996 menciona que el potencial osmótico de muchas de las soluciones nutritivas son numéricamente igual a la presión osmótica, pero de signo diferente.

La concentración óptima como ya se señaló depende del tipo de la planta y el clima que lo rodea, por lo que la presión osmótica de la solución nutritiva debe ser más alta en época de invierno que en verano y generalmente más alta en regiones templadas que en regiones tropicales.

Las soluciones nutritivas diluidas favorecen la absorción de agua y limitan la de algunos nutrimentos, particularmente de aquellos absorbidos por difusión como el P y en parte el N y K. Las plantas resultan alargadas con tallos y ramas de textura suave y fácilmente quebradizas y de color verde claro, caso contrario cuando se tiene soluciones concentradas ya que estas favorecen más la absorción de algunos nutrimentos y restringen los elementos absorbidos por flujo de masas (Ca^{+2} y Mg^{+2}) las plantas son más compactas, con tallos y ramas leñosas, hojas de menor tamaño y el color en general es verde oscuro.

2.4.8. Relación mutua entre aniones y cationes

En toda solución nutritiva los iones se encuentran en estado libre, y cuando la concentración de estos iones (aniones y cationes) llega a ser alta ocurre una asociación entre ellos, precipitando las moléculas al fondo y saliendo de una circulación directa, lo cual limita las relaciones iónicas a una concentración iónica total (Steiner, 1968). Los límites de precipitación indican el nivel en que un ion puede precipitar de manera conjunta con otro. Un alto contenido de SO_4^{-2} (más del 70% del total de iones) puede precipitar al Ca^{+2} como CaSO_4 , de manera similar el H_2PO_4 (más del 10% del total de iones) puede precipitar como CaHPO_4 , lo cual sería proporcional cuando se tienen altos contenidos de cationes, por ejemplo el Ca^{+2} (45% del total de cationes) puede precipitar al H_2PO_4 como CaHPO_4 y al SO_4^{-2} como CaSO_4 (Steiner, 1984).

No obstante, estos límites son flexibles, dependiendo de la concentración absoluta de los iones. Lo cual haría que una concentración iónica total baja v.g. 0.5 atm, los límites para el Ca^{+2} y SO_4^{-2} sería más altos. Caso contrario, cuando se tienen concentraciones iónicas totales más altas v.g. 1.0 atm, los límites superiores para ambos iones son más bajos. Lo mismo es válido para los límites superiores de precipitación de CaHPO_4 , considerando la concentración iónica total, pero en este caso existe una influencia del pH. A valores de pH entre 5 y 6, pueden tener una concentración mucho mayor de fosfato y calcio en la solución, sin que exista precipitación del CaHPO_4 . Por lo tanto, si una solución con concentración de 30 mmol L⁻¹ deberá tener un pH = 5, el límite de precipitación se ampliará comparándola con una solución a pH = 7, ya que los elementos que precipitan son más disociables a pH ácido (Steiner, 1984).

Los límites fisiológicos, son los porcentajes mínimos y máximos en que pueden presentarse los iones en la solución nutritiva, para que la planta pueda absorberlos de acuerdo a la relación mutua específica de ambos. Si se rebasan éstos límites, la planta puede no tener los iones disponibles para absorberlos de acuerdo a los requerimientos específicos, dando origen a una nutrición desbalanceada v.g. con un nivel alto de NO_3^- (más del 80% del total de iones) o K^+ (más del 60% del total de cationes), pueden causar fitotoxicidad (Steiner, 1984).

III. OBJETIVOS

3.1. *Objetivo General:*

Evaluar la producción del cultivo hidropónico de *Alstroemeria* híbrida, en condiciones de riego por goteo como alternativa comercial en invernadero.

3.2. *Objetivos Particulares:*

- 1 Determinar la influencia del riego por goteo y su frecuencia en la generación de tallos florales en la variedad *Mona Lisa* y el tiempo de vida en florero.
- 2 Evaluar el contenido nutrimental en tallos vegetativos de *Alstroemeria*.
- 3 Correlacionar el análisis del extracto celular con el análisis de tejido vegetal en *Alstroemeria* bajo condiciones hidropónicas
- 4 Establecer la rentabilidad del cultivo de *Alstroemeria* para su comercialización.

IV. HIPÓTESIS:

La producción de tallos florales y vegetativos, estado nutrimental y rentabilidad del cultivo de *Alstroemeria* cv *Mona Lisa* está sujeta a la concentración óptima de nutrientes contenidos en la solución nutritiva aplicada a un P.O. -0.092 MPa y en la frecuencia del riego por goteo 2 veces al día.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General:

Evaluar la producción del cultivo hidropónico de *Alstroemeria* híbrida, en condiciones de riego por goteo como alternativa comercial en invernadero.

3.2. Objetivos Particulares:

- 1 Determinar la influencia del riego por goteo y su frecuencia en la generación de tallos florales en la variedad *Mona Lisa* y el tiempo de vida en florero.
- 2 Evaluar el contenido nutrimental en tallos vegetativos de *Alstroemeria*.
- 3 Correlacionar el análisis del extracto celular con el análisis de tejido vegetal en *Alstroemeria* bajo condiciones hidropónicas
- 4 Establecer la rentabilidad del cultivo de *Alstroemeria* para su comercialización.

IV. HIPÓTESIS:

La producción de tallos florales y vegetativos, estado nutrimental y rentabilidad del cultivo de *Alstroemeria* cv *Mona Lisa* está sujeta a la concentración óptima de nutrientes contenidos en la solución nutritiva aplicada a un P.O. -0.092 MPa y en la frecuencia del riego por goteo 2 veces al día.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Ubicación de la zona de trabajo

El estudio de la *Astroemeria* se desarrolló en la Unidad de Investigación "Dr. Ramón Fernández González", del Colegio de Postgraduados localizada en Lomas de San Esteban entre las coordenadas x Km 512.4, U.T.M. x Km 2152.5, longitud 98° 54' 8" oeste, latitud 19° 29' 1" norte y altitud 2250 msnm. Municipio de Texcoco, Estado de México figura 5 (Síntesis Geográfica, 1987).

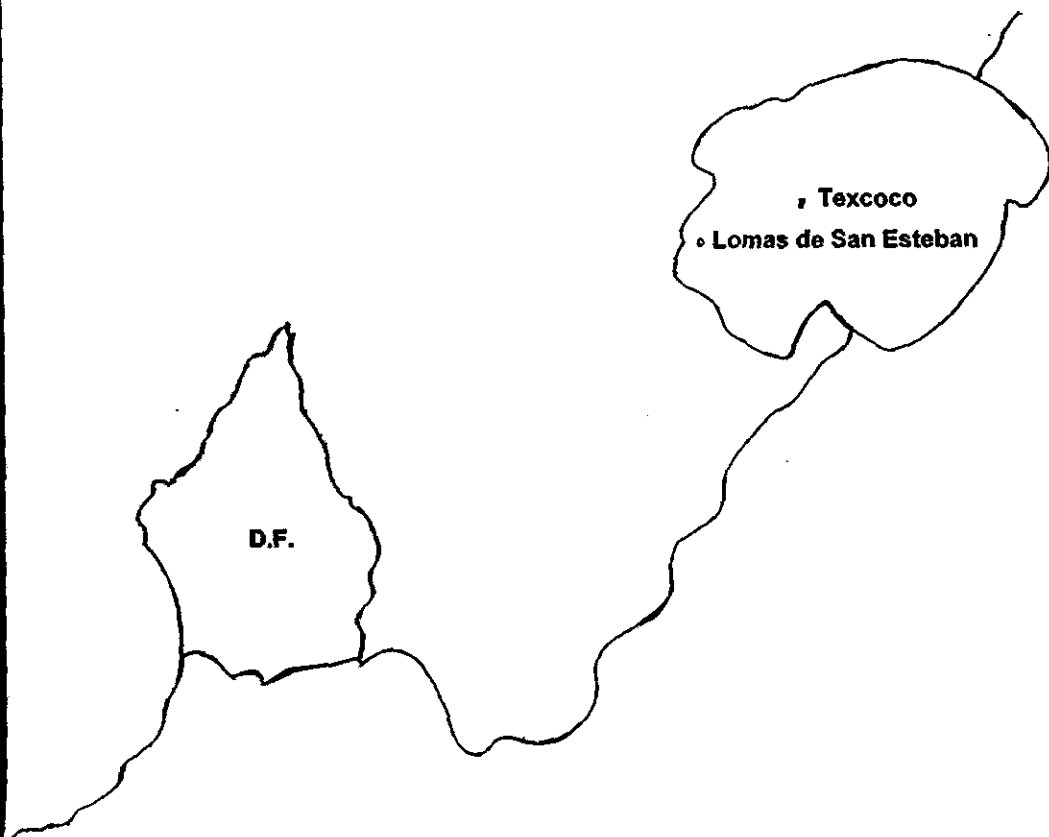


Figura 5. - Localización del invernadero donde se realizó la investigación.

5.1.2. Fase de campo

Diseño y condiciones de invernadero

El invernadero es de tipo Quonset con cubierta de polietileno lo que permite el paso de la luz germicida, además pierde en la noche con rapidez los rayos infrarrojos, por ello se enfrían más rápido y no guardan el efecto invernadero.

La orientación longitudinal del invernadero es Este - Oeste, lo que permite que reciba la mayor luminosidad.

Material vegetativo

Los rizomas utilizados en este experimento fueron proporcionados por la empresa "Astroemería de la Montaña", ubicada en Oxtotitlán, Mpio. Villa Guerrero Edo. de México (anexo)

Sistema hidropónico

El sistema hidropónico utilizado fue de circuito abierto. Se utilizaron módulos hidropónicos confeccionados con 72 cubetas de plástico (30 cm de diámetro x 35.5 cm de altura), con capacidad de 20 L. y 17 L de sustrato (tezontle y agrolita) donde se colocó un rizoma del cv Mona lisa por cubeta, en 49 del total de cubetas, las cuales están conectadas al sistema de riego por goteo.

Sistema de riego

Consistió en cuatro sistemas de riego por goteo fijo, cada uno con toneles de 200 L de capacidad, con tuberías principales de P.V.C. Los laterales de riego son poliductos de 0.5 pulgadas, con distancias entre emisores de 40 cm, el gasto nominal del gotero es de 1.5 L x hr x m (Fig. 6)

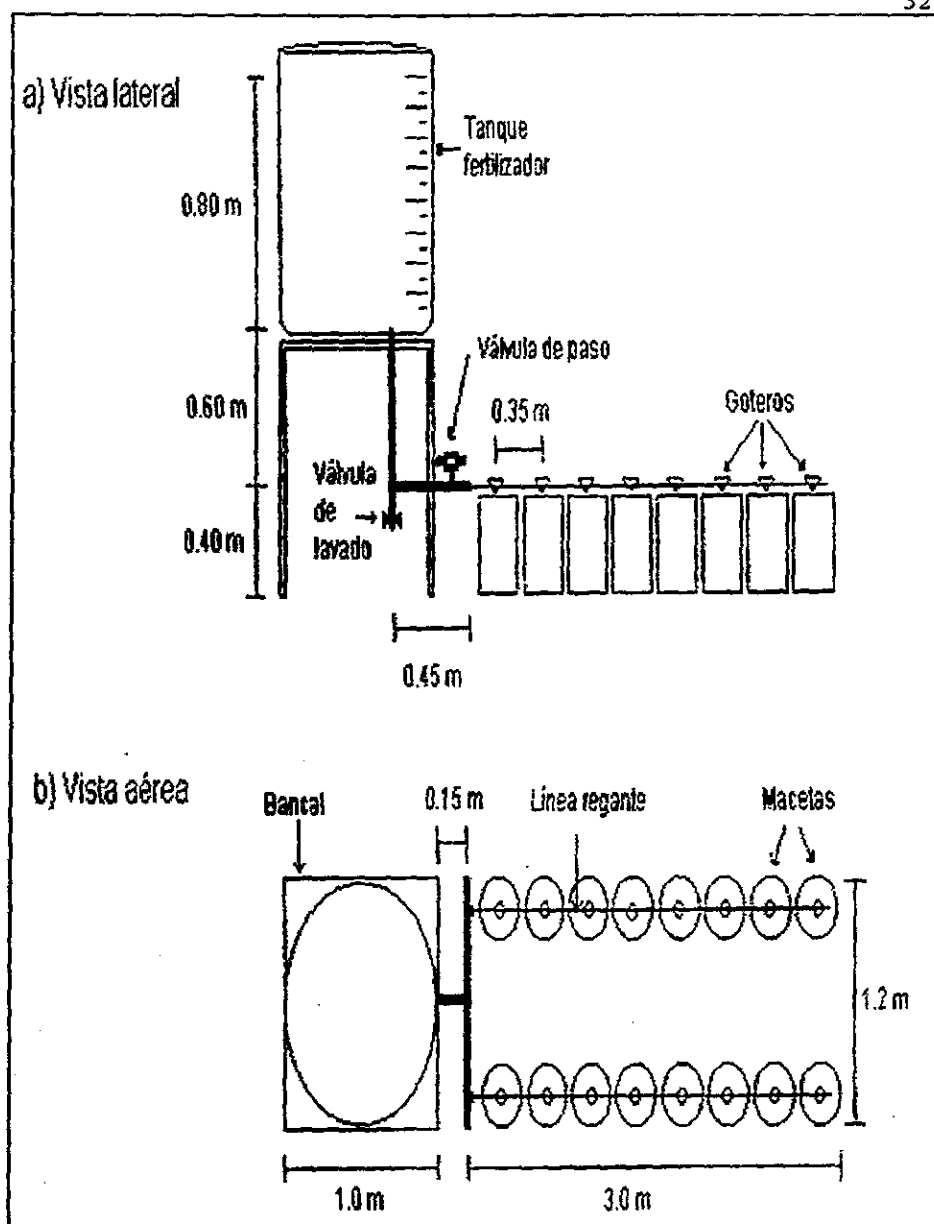


Fig. 6 Sistema de riego por goteo: a) vista lateral b) vista aérea (Torres, 1999)

La mezcla de la solución nutritiva se hizo en cubetas de 20 L con agua acidulada, con H_2SO_4 , una vez preparada se colocó en los toneles, previamente llenos con la misma agua, mezclándose de manera homogénea, posteriormente estos se cubrieron con fundas de plástico.

Sustrato

El sustrato utilizado fue tezontle rojo con una granulometría de 3 - 12 mm en 36 cubetas y en las restantes agrolita comercial.

Solución nutritiva

Para preparar la solución nutritiva se consideró el análisis de agua potable de la Unidad de Investigación "Dr. Ramón Fernández". Del cual se partió para la elaboración de la solución nutritiva a un potencial osmótico (PO) de -0.092 MPa.

Cuadro 6. Análisis químico del agua utilizada durante el experimento (Martínez, 1999)

PH	CE	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl ⁻	SO_4^{2-}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+	K^+
	dSm ⁻¹	-----meL ⁻¹ -----							
7.2	0.21	* nd	2.78	1.14	0.002	0.90	1.65	0.69	0.095

*nd= no se detectó

La concentración de los micronutrientes empleados utilizada fue en g L⁻¹ B 2.88, Mn 1.81, Zn 0.22, Cu 0.18, Mo 0.02. Se prepararon con sales inorgánicas grado reactivo y agua destilada (Cuadro 7).

Cuadro 7. Fuentes de macronutrientes y micronutrientes

Fertilizantes	Reactivos
Ca(NO ₃) ²	H ₃ BO ₃
KNO ₃	MnSO ₄ 4 H ₂ O
MgSO ₄	ZnSO ₄ 7 H ₂ O
Urea	CuSO ₄ 5 H ₂ O
Cottofos	H ₂ MoO ₄ H ₂ O
	Fe - EDTA *

El Fe se suministró en forma de quelato (Fe - EDTA), preparado de acuerdo con la metodología desarrollada por Steiner y Van Windon (1970).

Manejo de la solución nutritiva

El pH de la solución nutritiva se midió cada tercer día ajustándose con un potenciómetro portátil dentro del rango 5.0 - 6.0, con H₂SO₄. Se determinó la conductividad eléctrica mediante un conductímetro portátil.

El cambio de la solución nutritiva se efectuó cada dos semanas, con el propósito de suministrar los nutrimentos requeridos por las plantas.

Control de plagas

Durante el desarrollo de la fase experimental en el cultivo de *Alstroemeria* se presentó la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Weswood), la cual se controló con aplicaciones de Talstar[®] a una dosis de 2 ml L⁻¹ de agua.

Cosecha

La cosecha de tallos florales se realizó cuando estos se encontraban a punto de corte (botón a punto de abrir sus pétalos). Se tomaron Parámetros fenotípicos, tales como: longitud de tallo (cm), número de ramificaciones de inflorescencias y diámetro. Para su clasificación por calidad se consideró la modificación de Martínez (1999) a partir de lo

propuesto por Healy y Wilkins (1985b) con el fin de proponer una escala con mayor diversidad para su comercialización a nivel nacional (Cuadro 8).

Cuadro 8. Clasificación en la calidad de tallos florales para *Alstroemeria* (Healy y Wilkins, 1985b).

Calidad	Ramificaciones	Puntos	Longitud	Puntos	Total de Puntos
1ª	5	3	90	3	6
2ª	4	2	60	2	4
3ª	3	1	30	1	2

Variantes consideradas por Martínez (1999).

- a) los tallos florales de 5 ramificaciones con más de 85 cm de longitud son de 1ª calidad
- b) los tallos de 5 ramificaciones con más de 50 cm de longitud son de 2ª calidad
- c) los tallos de 4 ramificaciones y de 55 cm hasta 114 cm de longitud se consideran de 2ª calidad
- d) los tallos florales de 4 ramificaciones y con menos de 55 cm de longitud se consideran de 3ª calidad
- e) Los tallos de 3 ramificaciones y con menos de 84 cm de longitud se consideran de 3ª calidad.

Cuadro 9. Clasificación en la calidad de tallos florales de *Alstroemeria*, según Martínez (1999).

Calidad	Puntos
1ª	5.82
2ª	3.83 – 5.82
3ª	<3.83

Vida en florero

Para la evaluación de postcosecha (vida en florero) de los tallos florales se utilizó la metodología propuesta por Martínez (1999).

- Se colocaron en frascos con agua potable, en lugares con buena ventilación y luminosidad a una temperatura promedio de 15-18 °C. Los tallos florales seleccionados tenían la misma longitud.
- Las variables consideradas por Martínez fueron: intensidad de color y abscisión de tépalos o flores y de acuerdo a estos Parámetros la escala utilizada fue la siguiente:

Cuadro 10. Clasificación y variables considerada para la apreciación de vida en florero de *Alstroemeria*.

Intensidad de color:		Escala	Abscisión de tépalos o flores Características
Escala	Valor cualitativo		
1	Fuerte	1	Todas las flores
2	Medio	2	Abscisión del 1º tépalo al mover el tallo floral
3	Tenue	3	Abscisión de la flor
4	Nulo	4	Abscisión de +50 % de flores
		5	Abscisión del 100 % de flores

Parámetros del cv. *Mona Lisa* evaluados en el invernadero y procedimientos de medición.

- Producción de tallos florales (tallos planta⁻¹) cosechados por mes.
- Producción de tallos vegetativos (tallos planta⁻¹) deshidratados por mes.
- Calidad de tallos florales, de acuerdo a la modificación de Martínez, 1999.
- Mediciones *in situ* en hojas jóvenes y adultas con el SPAD 502 y extracto celular (savía) en los mismos órganos de las plantas con ionómetros (NO₃⁻ y K⁺) por etapas de crecimiento, cada etapa fue considerada bajo los criterios de longitud y grosor del tallo (de manera arbitraria) con la fecha de muestreo correspondiente con una diferencia de una semana entre cada etapa.

Etapas	longitud (cm)	grosor (cm)	fecha de muestreo (semanas)
I	25 - 30	2,5	primera
II	40 - 60	similar	segunda
III	65 - 80	similar	tercera
IV	80 - 95	similar	cuarta

- e) Vida en florero
- f) Biomasa por mes en tallos vegetativos

5.2. Fase de laboratorio:

Para el análisis químico de plantas se eligieron macetas tomadas al azar con un total de 15 tallos por planta, para la determinación de nutrimentos: P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B por espectrofotometría de plasma por inducción acoplada ICP-AES en hojas jóvenes y adultas (Kalra, 1998).

Peso seco y fresco de tallos florales y vegetativos

La determinación de Nitrógeno total fue mediante el método de microkjeldhal (Alcántar y Sandoval, 1999)

5.3. Fase de gabinete:

* Análisis estadístico

Para los factores y niveles de estudio, el diseño utilizado fue unifactorial, con una distribución al azar. Con análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de medias (Tukey = 0.05).

* Análisis económico

Se considero únicamente el estudio de costos en lo referente a infraestructura, mano de obra fertilizantes e insecticidas, así como los insumos de estos últimos.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Producción floral de *Astroemeria*.

En la figura 7 se observa que la producción de tallos florales durante los meses de invierno fue menor con respecto a los meses de primavera, teniendo la mayor producción en el mes de abril, posteriormente la producción tiende a decrecer.

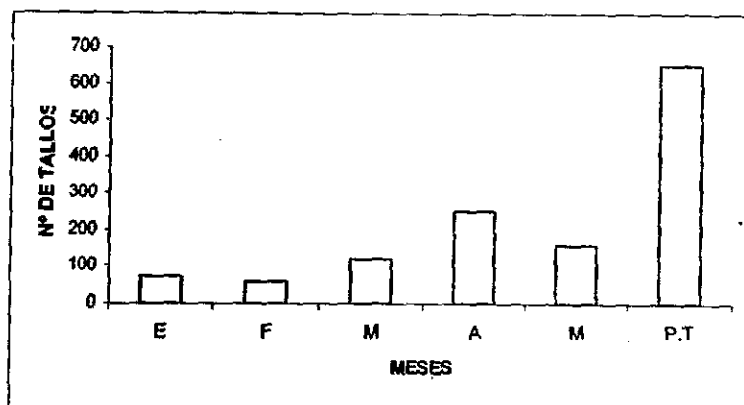


Figura 7. Producción de tallos florales en *Astroemeria* cv Mona Lisa

Azcon y Talon (1996) señalan que los factores ambientales son determinantes en la transición floral de las plantas sensibles en general, siendo la temperatura y el fotoperíodo las de mayor peso para que se lleve a cabo la floración. Al respecto ambos autores hacen referencia que a esta transición floral se debe al cambio de la ruta que sigue el meristemo del brote ya sea vegetativo o floral.

Dicha transición esta dada por la interacción entre el estado de madurez de la planta y a mecanismos que corresponden a las condiciones ambientales, por lo tanto, distintas especies muestran gran variación en sus estrategias de adaptación. Existe una clasificación de las especies dependiendo a la susceptibilidad de las plantas con respecto a la temperatura:

- a) Plantas con requerimientos ambientales absolutos. La transición floral no se lleva a cabo si no se dan las condiciones ambientales determinadas.

- b) Plantas con requerimientos cuantitativos. Las distintas condiciones ambientales aceleran o retrasan la transición floral, aunque las plantas pueden producirse en condiciones desfavorables.
- c) Plantas autónomas. La transición floral tiene lugar independientemente de las condiciones ambientales.

Considerando los puntos anteriores y de acuerdo a los resultados obtenidos por Labeke et al., (1993) y Schreuder en el mismo año, la temperatura promedio para la floración de *Alstroemeria* oscila entre los 12° - 20 °C, siendo la ideal en el sustrato de 20 °C, ya que temperaturas de aire mayores de 25 °C originan brotes vegetativos. En contra parte, Healy y Wilkins (1985a) mencionan que temperaturas de aire entre los 13° y 21 °C no tienen influencia en la producción total de los tallos florales.

Por lo que, la *Alstroemeria* puede considerarse como una planta con requerimientos absolutos cambiando posteriormente al grupo de plantas con requerimientos cuantitativos, según Azcon y Talon (1996) quienes señalan que las plantas cultivadas en condiciones extremas tienen cambios en sus requerimientos ambientales, por lo que pueden pasar de un grupo a otro.

Sin embargo, Blom y Piott (1990) señalan que la producción comienza en marzo y abril continuando en junio y julio cuando los rizomas de *Alstroemeria* dejan de producir tallos florales y comienzan a desarrollar tallos vegetativos. No obstante, Martínez (1999) obtuvo durante los meses de septiembre- 97 a enero 98 la producción floral en el cv. Mona Lisa, teniendo continuidad el ciclo hasta mayo 98, posteriormente se observó una especie de letargo en la floración hasta marzo del siguiente año, lo cual se presupone se debió a que las temperaturas registradas tanto ambientales como del sustrato en la mayoría de estos meses estuvieron por arriba de las temperaturas óptimas para el desarrollo y crecimiento de esta especie, cabe mencionar que las temperaturas se midieron de manera irregular reportándose los promedios durante la fase experimental.

En este experimento se obtuvo una producción floral mensual promedio de 130.4 tallos florales y un total de 652 en 5 meses en el cv. Mona Lisa, bajo condiciones de hidroponía y de riego por goteo, considerando los resultados obtenidos por Martínez (1999), quien en el mismo lapso de tiempo tuvo una producción de 434 tallos en total en un sistema

hidropónico por subirrigación. Por otro parte, la producción floral de *Alstroemeria* dependiendo del cultivar en suelo tiene un promedio de 100 a 280 tallos florales por m^2 año⁻¹ (KÖNST, 1998) mientras que Schreuder (1993) reporta 150 –300 tallos por m^2 , es decir, 50 – 100 tallos por planta al año. En la figura 7 se muestra la producción estimada para cv Mona Lisa, considerando que el diámetro de las unidades experimentales fue de 30 cm.

De manera general puede considerarse que a pesar de que las condiciones ambientales fueron aparentemente adversas para el cultivo. Sin embargo, la producción es aceptable y redituable bajo los tratamientos de P.O. y frecuencia de riego establecidos para el experimento.

6.1.2. Producción floral por calidad

En la figura 8 se observa que la producción floral por calidad en el cultivar Mona Lisa a lo largo del muestreo en todos los meses es de primera calidad, siendo mínima la proporción en tallos de tercera calidad. También se detectó que a partir de marzo la producción de tallos de segunda y tercera calidad se va incrementando mientras que los tallos de primera calidad disminuyen en mayo y su mayor proporción en los meses de marzo – abril. Existiendo en apariencia una relación inversamente proporcional, es decir, conforme decrece el número de tallos florales de primera calidad aumenta el número de tallos de segunda y tercera calidad, respectivamente.

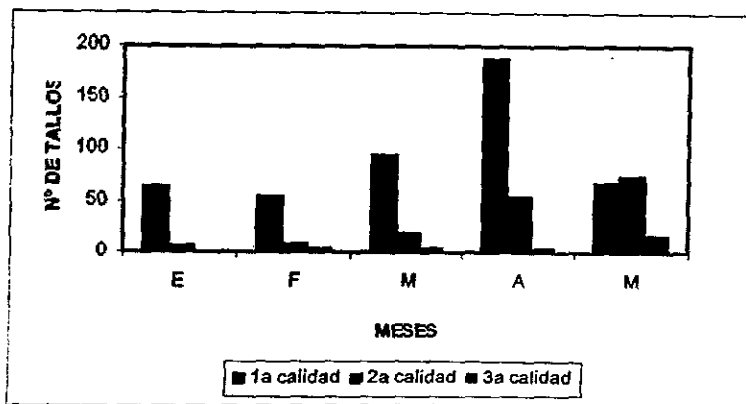


Figura 8. Producción de tallos florales por calidad en *Alstroemeria* cv Mona Lisa

Los resultados obtenidos para este período de producción son cercanos a los obtenidos por Martínez (1999), ya que manejando un P.O. de -0.092 MPa se tiene mayor porcentaje de tallos florales de primera calidad con respecto a la segunda y tercera calidad en esta especie. Por otro lado, Smith et al., (1998) resaltan que en el cv. Parigo Pink la mayor producción de tallos de primera calidad se obtuvieron cuando se aplicó 28 mmol L^{-1} de nitrógeno que en aquellas donde se les agregó menor o mayor concentración de nitrógeno que la mencionada. Asimismo, en el Edo. de México los cultivares manejados en este lugar mejoran la calidad del tallo en invierno pero con una disminución en la producción, mientras que en primavera – verano se tiene un incremento en la producción de tallos florales pero sin calidad (Espinosa, 1996; citado por Martínez, 1999). Sin embargo, los resultados obtenidos no coinciden con los obtenidos en Villa Guerrero puesto que al menos en el cv. Mona Lisa se tiene que la calidad y la producción total de tallos florales son similares, teniendo la mayor productividad en calidad y el número total de tallos florales en abril.

6.1.3. Calidad de postcosecha

Las pruebas de calidad de postcosecha (vida en florero) se basaron de acuerdo al punto 5.1.2. midiendo las variables que se muestran en el cuadro 11.

Cuadro 11 Parámetros del tallo floral del cv. Mona Lisa para evaluar la calidad de postcosecha.

PO MPa	FR d/a	LT cm	NT	VF	IC	AF
					días	
					5- 10-15- 20	5- 10- 15- 20
- 0.092	2 veces	50-55	5 a 4	15 a 17	1 2 3 4	1 2 3 4

PO= potencial osmótico, FR= frecuencia de riego, LT= longitud del tallo, NT=Nº de flores tallo¹, VF= vida en florero, IC= intensidad de color, AF= Abeción de flores.

Martínez (1999) señala que una flor ideal para postcosecha es aquella que logra una vida en florero mínima de 7 días, lo cual es superado de acuerdo a lo obtenido en nuestros resultados. Los tallos se cortaron a punto de corte abriendo las flores de 1 a 2 días una vez colocadas en el florero, manteniéndose el follaje verde por lo menos durante 10 días.

6.1.4. Longitud

En la figura 9 se muestra la longitud promedio de los tallos florales de *Alstroemeria*, en ella se observa una relación directamente proporcional con respecto al período de producción, es decir, conforme transcurre el tiempo (meses de cosecha) la longitud va decreciendo.

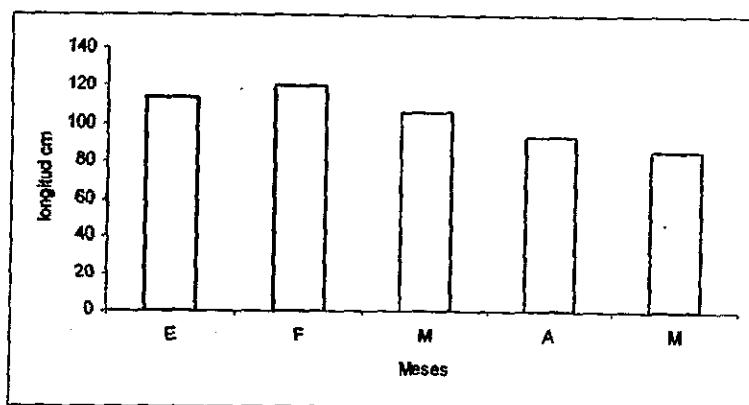


Figura 9. Longitud de tallos florales en *Alstroemeria* cv Mona Lisa

Lo anterior se contrapone a los resultados obtenidos por Martínez (1999), quien utilizando diferentes P.O. encontró que solo en el mes de mayo este P.O. (-0.092 MPa) incrementa la longitud promedio de los tallos en el cv. Mona Lisa. Esto nos lleva a establecer que el P.O. es un factor limitante para dicho parámetro y que de acuerdo a la época del año debe variarse como lo indican algunos autores (Resh, 1987, Baca, 1983) quienes señalan que en verano debe disminuirse y en invierno incrementarse. Esto es lógico ya que toda planta alcanza un incremento en la tasa de transpiración por las condiciones climáticas, requiere de un P.O. menor y viceversa, cuando se tienen tasas menores de transpiración. No obstante, los resultados de nuestro experimento se encuentran por arriba de los registrados por Smith et al., (1998) y Martínez (1999) quienes reportan una longitud promedio del tallo de 24 a 66.3 cm y 99 cm respectivamente, comparados con los obtenidos en el experimento de 90 a 105 cm.

6.1.5. Diámetro promedio

En la figura 10 se observa que el promedio del diámetro en los tallos de *Alstroemeria* mantiene un intervalo mínimo de 0.25 cm y un máximo de 0.35 cm durante la etapa de floración en el cv. Mona Lisa.

En general, se puede concluir que el diámetro del tallo en esta especie no se ve influenciado de manera determinante por el P.O. y la frecuencia de riego. Sin embargo, se observó que el diámetro de los tallos tiene en general una relación con los tallos florales o vegetativos, lo que contribuye para establecer el deshijado de la planta.

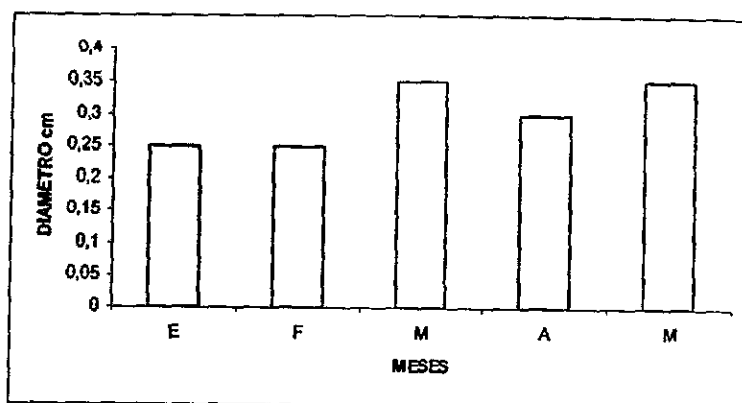


Figura 10. Diámetro de tallos florales en *Alstroemeria* cv Mona Lisa

6.1.6. Producción de tallos vegetativos

En la figura 11 se observa que la mayor producción de tallos vegetativos por planta se presenta en los meses de marzo – abril y en los siguientes meses de mayo – noviembre, el número de tallos oscila alrededor de los 1000 tallos.

Sin embargo, la producción de tallos vegetativos es mucho mayor que la de los tallos florales como se muestra en la figura 7, además es constante a lo largo del año, esto como ya se señaló puede atribuirse al estrés que sufrió la planta por la variación de la

temperatura. No obstante, también el número de tallos vegetativos esta influenciado por la manera en que se realizó la limpieza de la planta, ya que un exceso en el deshojado de la *Alstroemeria*, puede ocasionar poca protección natural, lo que retrasa la próxima floración o bien la producción de tallos ciegos, por lo que se debe buscar siempre un equilibrio, quitándole a la planta aquellos que son muy delgados o que se encuentran en un mal estado (quebrado, seco o muy maltratado).

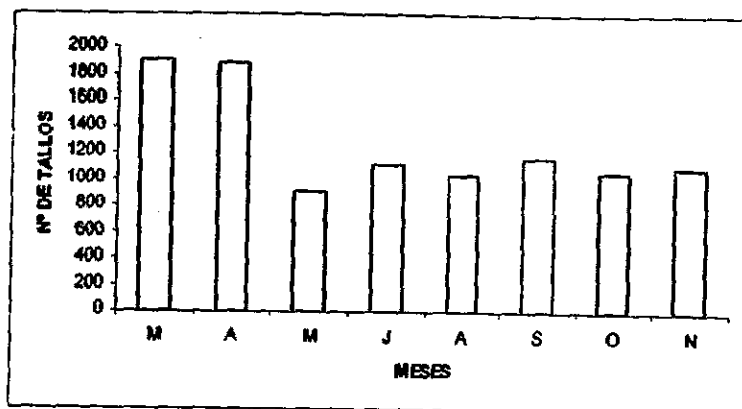


Figura 11. Producción de tallos vegetativos en *Alstroemeria* cv Mona Lisa

6.1.7. Peso fresco y seco en tallos vegetativos

En la figura 12 se observa que existen diferencias significativas ($\alpha=0.05$), cuando se tiene un P.O. -0.092 MPa, con un incremento en la producción de tallos vegetativos (fig. 11) y en consecuencia, mayor peso seco y peso fresco.

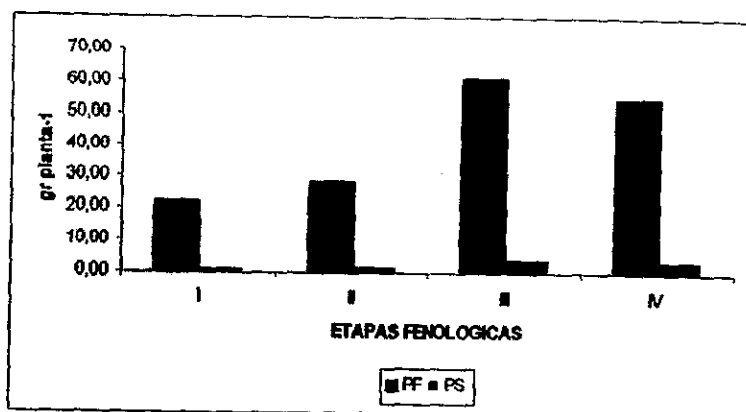


Figura 12. Peso fresco y seco de tallos vegetativos en *Alstroemeria* cv Mona Lisa

Smith et al., (1998) reportan que cuando se adiciona 3.5 mmol L^{-1} de nitrógeno y se aumenta la concentración a 28.5 mmol L^{-1} se obtiene mayor peso fresco, de 47.2 g a 185.5 g , respectivamente; lo cual corresponde al incremento de tallos vegetativos y florales.

Salisbury y Cleon (1994) señalan que en una misma especie hay diferencias en la absorción de nutrimentos cuando crecen en condiciones diferentes.

6.2. Extracción nutrimental

6.2.1. Nitrógeno

En la figura 13 se observa la extracción nutrimental de N en tallos vegetativos (tallo + hojas) por etapas de crecimientos. Estadísticamente presentan diferencias significativas con $\alpha = 0.05$ apreciándose una similitud entre las etapas III y IV a diferencia de las etapas II y I quienes muestran una diferencia entre ambas y a su vez con respecto a las 2 restantes.

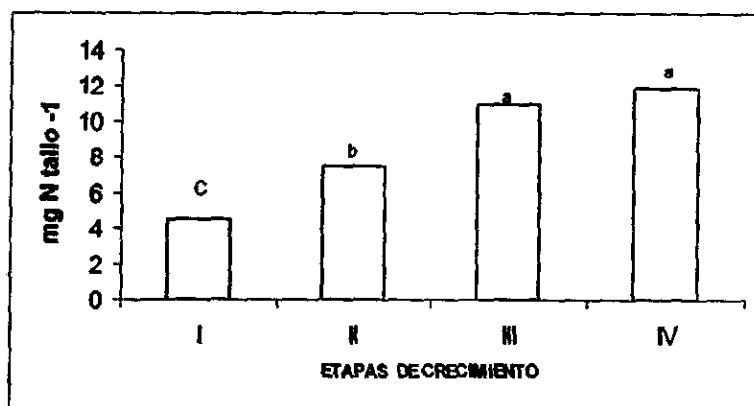


Figura 13. Extracción nutrimental de nitrógeno total en tallos vegetativos

Nota : letras iguales dentro de las columnas son estadísticamente diferentes.

Esto es razonable considerando que existe una relación directamente proporcional entre las etapas crecimiento y la demanda de nitrógeno, es decir, conforme la *Alstroemeria* crece el requerimiento nutrimental aumenta, siendo absorbido rápidamente por la planta conforme se desarrolla, además el nitrógeno se acumula en el tejido de conducción (pecíolo y tallo) durante el período vegetativo de la planta (Sánchez, 1998).

Sin embargo, la absorción de nitrógeno en los tallos vegetativos es muy baja 10 mg tallo⁻¹ considerando que en los tallos florales de *Alstroemeria* la extracción de

nitrógeno es de 127 mg tallo⁻¹ (Sánchez y Martínez, 1999), seguramente en nuestro caso hubo un efecto de dilución del nitrógeno ya que los brotes crecieron muy rápido y también puede deberse a que la absorción nutrimental se vió afectada por factores ambientales como la temperatura. Bridge y Bartok (1990) señalan que la temperatura del sustrato es un factor crucial para la producción de tallos vegetativos. De acuerdo a resultados obtenidos por Smith et al, (1998) reporta que la fertilización con nitrógeno incrementa el número de tallos vegetativos.

Por otro lado, D' Angelo et al (1995 citado por Martínez, 1999) menciona que cuando se aumenta la frecuencia de riego y una disminución o aumento en la fertilización el porcentaje de nitrógeno aumenta en el tejido vegetal.

6.2.2. Fósforo

La figura 14 muestra la remoción nutrimental de fósforo que los tallos vegetativos con diferencias significativas con $\alpha=0.05$, existiendo diferencia entre cada una de las etapas de crecimiento con un incremento en la etapa III (0.3 mg tallo⁻¹) con respecto a los restantes niveles de crecimiento.

Posiblemente la absorción del fósforo en los tallos de *Astroemeria* es mayor en la tercera etapa debido a una máxima demanda en esta edad y aunque este elemento es considerado limitante su movilidad dentro de la planta es rápido. En la etapa III la relación la relación N:P es de 6:1, mientras en la etapa en la IV la relación es de 10:1 aproximadamente, esta en la mejor equilibrio nutrimental y se tiene en un estado madura de la planta.

Asimismo, D' Angelo (1995) señala que con una disminución o alza en la fertilización, el porcentaje de fósforo disminuye en el tejido vegetal a la par de un incremento en la frecuencia de riego.

Por otro lado, Smith et al (1998) mencionan que la concentración de fósforo fue baja cuando se adiciona 14 o 28.5 mmol L⁻¹ de nitrógeno. Martínez (1999) señala que conforme se incrementa el P.O. se incrementa el fósforo de forma irregular.

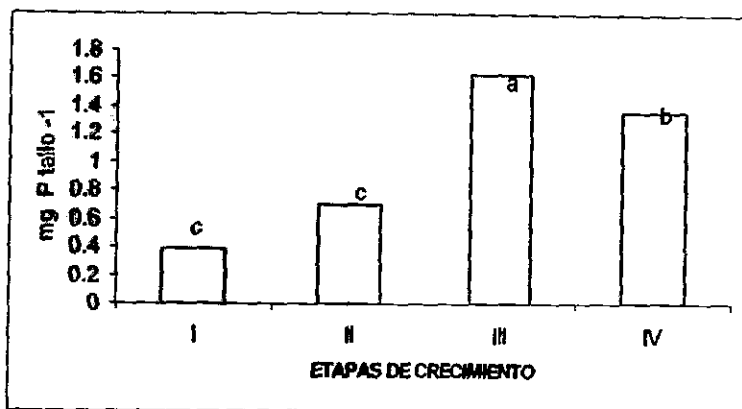


Figura 14. Extracción nutrimental de fósforo en tallos vegetativos

6.2.3. Potasio

En la figura 15 se observan diferencias significativas $\alpha=0.05$ en la extracción de potasio por etapas de muestreo. Aquí también se tiene una relación directamente proporcional, entre el crecimiento de la planta y la demanda nutrimental.

El potasio es absorbido de manera rápida en forma catiónica. Smith et al (1998) mencionan que la concentración de potasio es baja cuando se adiciona 14 - 28.5 mmol L⁻¹ de nitrógeno, mientras que Martínez (1999) obtuvo un incremento en la concentración de potasio cuando se tiene un P.O. de -0.112 MPa

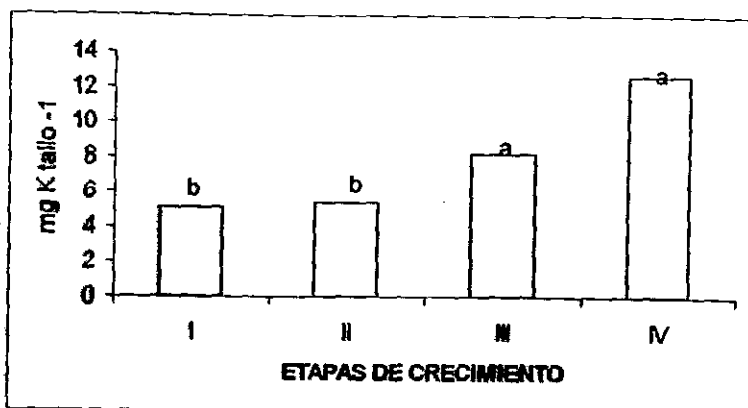


Figura 15. Extracción nutrimental de potasio en tallos vegetativos

Nota : letras iguales dentro de las columnas son estadísticamente diferentes.

6.2.4. Calcio

En la figura 16 al igual que las anteriores, se observan diferencias significativas $\alpha=0.05$ en la remoción de calcio. Aquí se manifiesta que la demanda de calcio es mayor en la cuarta etapa, presentándose diferencias marcadas entre cada una de las etapas de crecimiento.

Smith et al., (1998) determinaron que la concentración de calcio en la solución de fertilizante no tiene efecto significativo en la producción de tallos. Sin embargo, a una concentración menor de calcio disminuye la longitud de los tallos.

Este elemento es absorbido por la planta en forma de catión y de manera lenta. Martínez, (1999) menciona que cuando se tiene un P.O. alto, el contenido de calcio se incrementa.

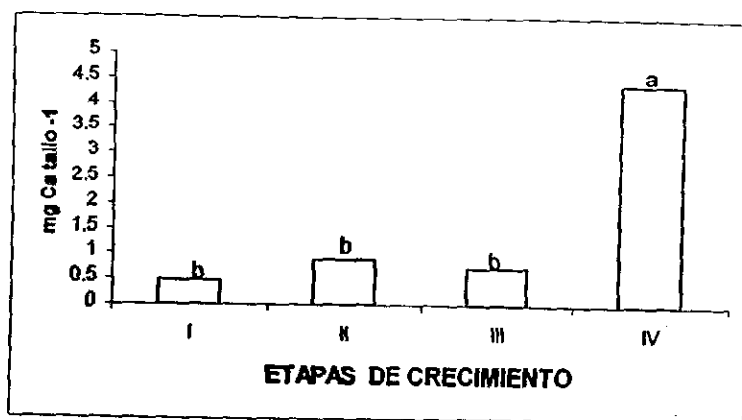


Figura 16. Extracción nutrimental de calcio en tallos vegetativos

Nota : letras iguales dentro de las columnas son estadísticamente diferentes.

6.2.5. Magnesio

La figura 17 presenta diferencia estadística significativa ($\alpha=0.05$) en la extracción de magnesio por fechas de muestreo. A mayor demanda nutrimental la planta requiere de más suministro de magnesio conforme ésta crece. El magnesio es absorbido de manera lenta por la planta.

Martínez, (1999) señala que conforme se incrementa el P.O. aumenta el contenido de magnesio en el tejido vegetal de la *Astroemeria*.

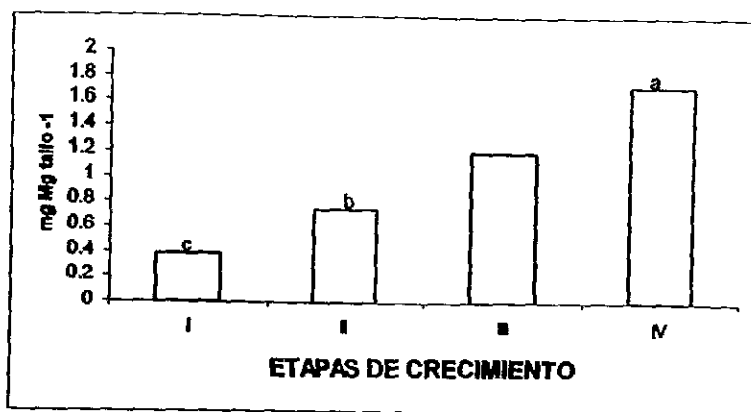


Figura 17. Extracción nutrimental de magnesio en tallos vegetativos

Nota : letras iguales dentro de las columnas son estadísticamente diferentes.

6.3. Contenido de clorofila (lecturas SPAD)

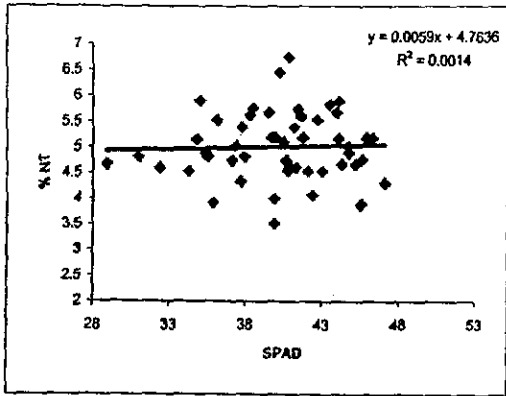
6.3.1. Relación entre las lecturas SPAD y el contenido de nitrógeno total

El objetivo de este estudio consistió en evaluar el uso del medidor de clorofila SPAD - 502 para medir la concentración de ésta en las hojas (jóvenes y adultas), y correlacionarla con el estado nutrimental de la *Alstroemeria*. Sin embargo, como se observa en la figura 18 el coeficiente de correlación es muy bajo para ambos casos, de hojas jóvenes y adultas y a su vez para cada una de las etapas crecimiento.

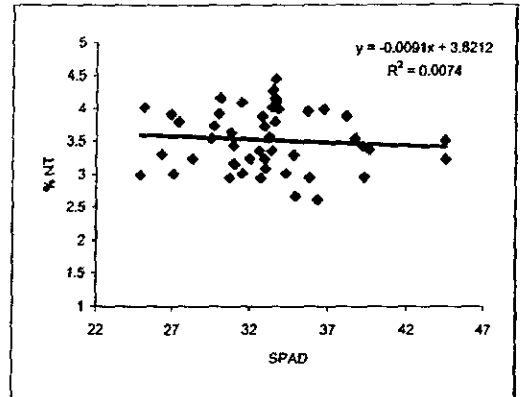
Esta técnica se caracteriza por ser rápida y no destructiva y se empleo con la idea predecir el contenido de nitrógeno en *Alstroemeria* y con ello corregir el programa de fertilización. Se eligió la hoja como órgano representativo de esta especie, ya que en esta suelen concentrarse los nutrimentos ejerciendo su función reguladora y la síntesis de componentes orgánicos, que después son exportados a otra parte del vegetal (Salisbury y Cleon 1994). Por ello, la hoja ante una posibilidad de considerar la planta completa, es el órgano indicador del vegetal para efectos de diagnóstico.

El hecho que no exista una relación entre las lecturas SPAD y el contenido de nitrógeno en las hojas de esta especie puede ser atribuido a una serie de factores, tales como, genéticos, condiciones ambientales, nutrición y de muestreo. Los primeros son atribuidos a la variedad o diferencia de híbridos los cuales afectan las lecturas SPAD, así como el estado de desarrollo de la planta que puede afectar el verdor de las hojas, en este último cabe destacar que en el cv. Mona Lisa no se presentó esta característica. La temperatura es un factor que influye directamente en el crecimiento, desarrollo y producción de la *Alstroemeria*. El crecimiento vegetal es extremadamente sensible a las temperaturas, a menudo, un cambio de pocos grados da lugar a un cambio significativo en la tasa de crecimiento. Cada especie o variedad posee en cualquier ciclo de su vida y en cualquier conjunto, determinadas condiciones de estudio, una temperatura mínima debajo de la cual no crece, una temperatura óptima (o rangos de temperatura) en los que crece con una tasa máxima y una temperatura máxima por encima de la cual no crece. En nuestro caso, la temperatura óptima (12 °C a 20 °C) a lo largo del ciclo experimental se mantuvo por arriba de esta. Asimismo, Martínez (1999) reporta para *Alstroemeria* que intervalos de temperatura entre los 16 ° y 17 °C, influyen sobre la floración y rendimiento de flores. En nuestro caso, el requerimiento de nitrógeno total en hojas jóvenes y adultas tuvo en promedio un ligero aumento entre cada una de las etapas, manifestado en el incremento de la clorofila y por consiguiente la inestabilidad de la temperatura propició la disminución del requerimiento de nitrógeno y consecuentemente los valores de las lecturas SPAD se mantuvieron casi estables.

Por otro lado, la metodología utilizada quizá influyo en los resultados, ya que en trabajos realizados en cítricos antes de utilizar el medidor de clorofila las hojas eran lavadas previamente con detergente al 1 % varias veces y posteriormente con agua destilada. En nuestro caso las lecturas fueron tomadas directamente de las hojas, asumiendo que posiblemente las partículas de polvo presentes en ellas pueden interferir en las lecturas.

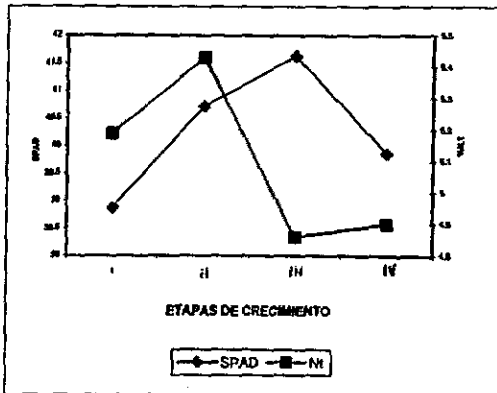


a)

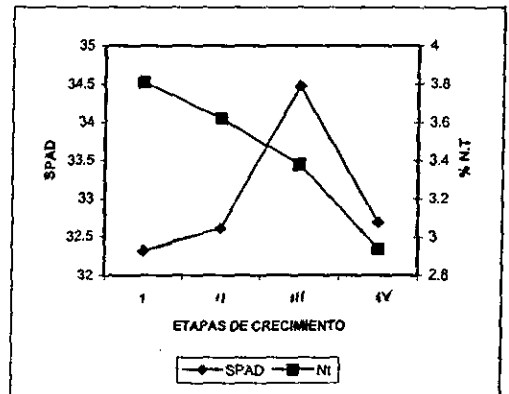


b)

Figura 18. Relación entre lecturas SPAD y contenido de Nitrógeno en tejido vegetal en *Astroemeria* cv Mona Lisa. a) Hojas jóvenes b) Hojas adultas



a)



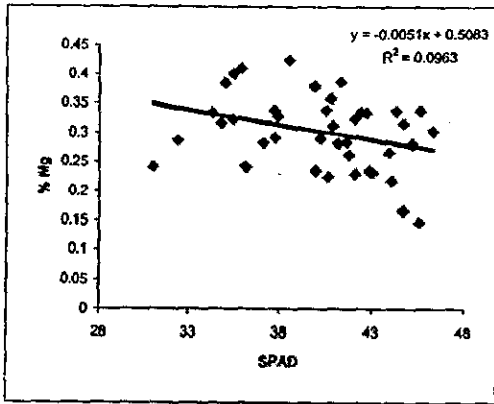
b)

Figura 18' Dinámica del contenido de Clorofila (lecturas SPAD) y nitrógeno total en *Astroemeria* cv Mona Lisa. a) hojas jóvenes b) hojas adultas

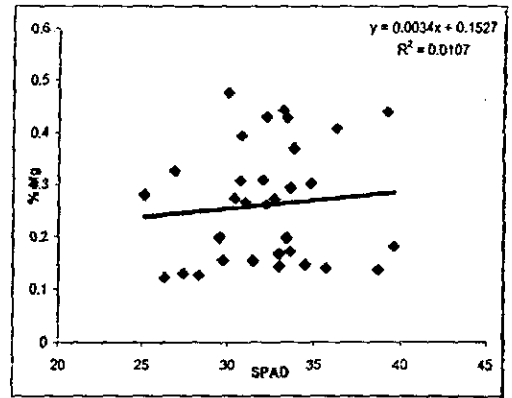
6.3.2. Relación entre las lecturas SPAD y contenido de Magnesio

Las figuras 19 y 19' muestran que no existe una relación significativa entre las lecturas SPAD y el contenido de magnesio tanto en hojas jóvenes como adultas. No obstante, entre cada una de las etapas en ambos casos se observa que existe una relación proporcional entre el SPAD y las concentraciones de magnesio, es decir, a medida que aumentan las lecturas SPAD las concentraciones del magnesio aumentan ligeramente, teniendo una disminución en la etapa cuatro en hojas jóvenes y adultas.

El magnesio es parte esencial de la molécula de clorofila, la cual no se forma en ausencia de este elemento y solo se forman cantidades limitadas cuando se presenta una disminución en la concentración de magnesio, no obstante las concentraciones obtenidas de magnesio se consideran como suficientes para la *Alstroemeria* (0.20 – 0.50 % según Benton, 1991). La quelatación del magnesio por la clorofila que existe en el citoplasma hace más difícil medir su concentración como especie libre en el interior de la célula y la deficiencia de este en la clorofila de las hojas puede ser causada por la inhibición de la síntesis de proteínas más que por la carencia de magnesio. Por otra parte uno de los factores que pueden afectar las lecturas SPAD es la luz, pues ella, promueve la producción de clorofila, considerando esto y el hecho de que no exista una correlación entre ambos (magnesio vs SPAD) puede atribuirse que en general las lecturas tomadas con este equipo no fueron las ideales, ya que generalmente eran tomadas antes que se registrara un incremento de temperatura dentro del invernadero y por consiguiente de luz.

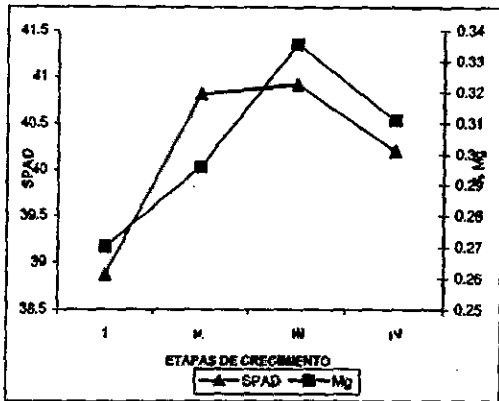


a)

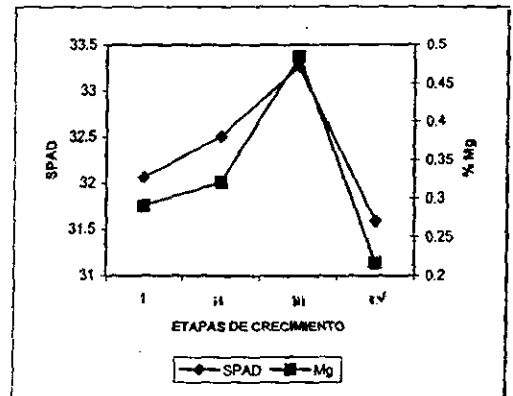


b)

Figura 10. Relación entre lecturas SPAD y contenido de Magnesio en tejido vegetal en *Astroemeria* cv Mona Lisa. a) Hojas jóvenes b) Hojas adultas



a)



b)

Figura 19. Dinámica del contenido de Clorofila (lecturas SPAD) y magnesio total en *Astroemeria* cv Mona Lisa a) hojas jóvenes b) hojas adultas

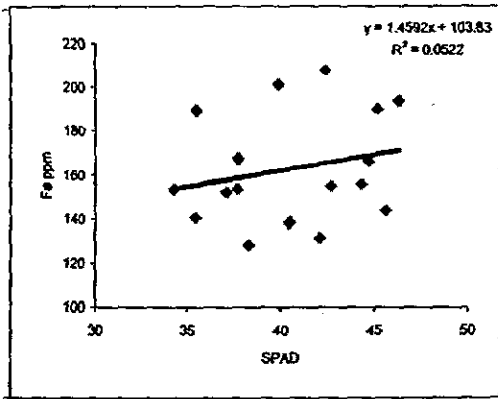
6.3.3. Relación entre las lecturas SPAD y contenido de Hierro

Como se observa en la figura 20 el coeficiente de correlación es bajo tanto en hojas jóvenes como adultas, para el caso de cada una de las etapas (fig. 20') se tiene que en la primera, la lectura SPAD es menor con respecto a las restantes, las cuales casi se mantienen estables en la concentración de clorofila, mientras que el hierro mantiene una relación en las dos primeras etapas es decir, conforme crece la planta la demanda de este elemento es mayor; no obstante, que en las últimas etapas se tiene un comportamiento similar a las anteriores la concentración de hierro es menor con respecto a las dos primeras, principalmente en hojas jóvenes. En las hojas adultas las lecturas SPAD tienen relación entre las etapas, no así en la cuarta fase. En cuanto al hierro se muestra que existe un mayor requerimiento de este en las etapas dos y cuatro, mientras que para la primera y tercera, la concentración del elemento es menor.

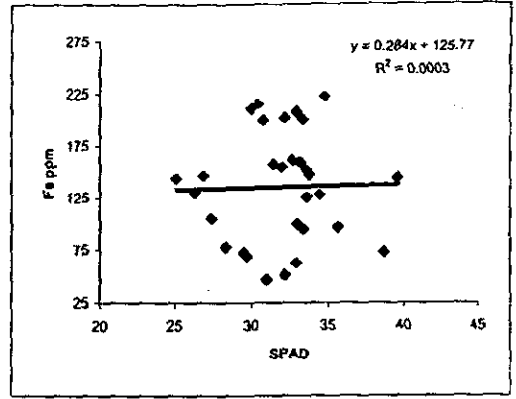
El hecho de que no exista una relación entre las lecturas SPAD vs Fe puede ser atribuido a que el elemento es esencial para la formación de clorofila y no forma parte de la molécula. El papel que cumple en la síntesis de clorofila no está claro y puede tener relación tanto en la síntesis de componentes estructurales de los cloroplastos como en la síntesis de la propia molécula de clorofila.

6.3.4. Relación entre las lecturas SPAD y contenido de Nitratos

En la figura 21 como se observa no existe una relación entre la concentración de nitratos y las lecturas SPAD en hojas jóvenes y adultas. Asimismo, en las diferentes etapas (fig. 21') se tiene una relación directamente proporcional entre el aumento de clorofila y la concentración de nitratos, es decir, a medida que la planta crece ambas concentraciones aumentan ligeramente, siendo más representativa en las hojas jóvenes.

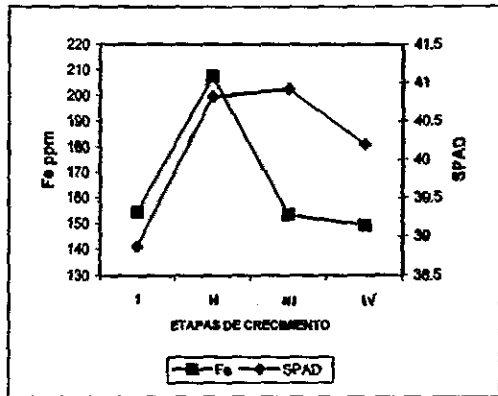


a)

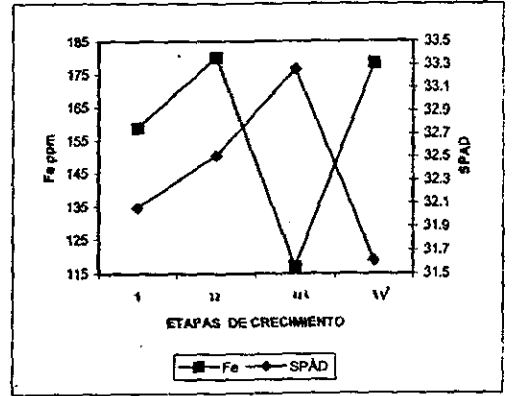


b)

Figura 20. Relación entre lecturas SPAD y contenido de Hierro en tejido vegetal en *Astroperma* cv Mona Lisa. a) Hojas jóvenes b) Hojas adultas



a)



b)

Figura 20. Dinámica del contenido de Clorofila (lecturas SPAD) y Hierro total en *Astroperma* cv Mona Lisa. a) Hojas jóvenes b) Hojas adultas

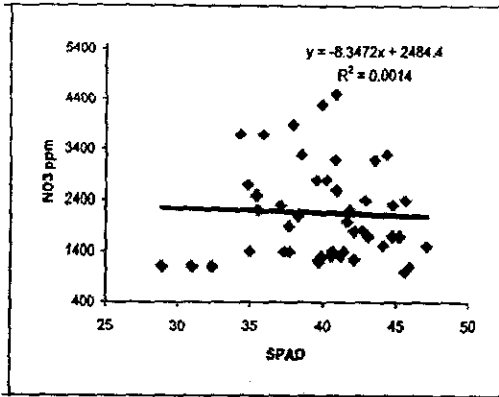
A pesar de que las plantas asimilan de forma más rápida los nitratos, los resultados no indican un aumento entre el coeficiente de correlación con respecto a la figura 18 sino que todavía son más bajos, lo cual se debe a que los nitratos no forman parte de la molécula de clorofila y por consiguiente, no se ven influenciados por algún otro factor ajeno a la concentración de clorofila.

6.4. Relación del tejido foliar con el extracto celular (savia)

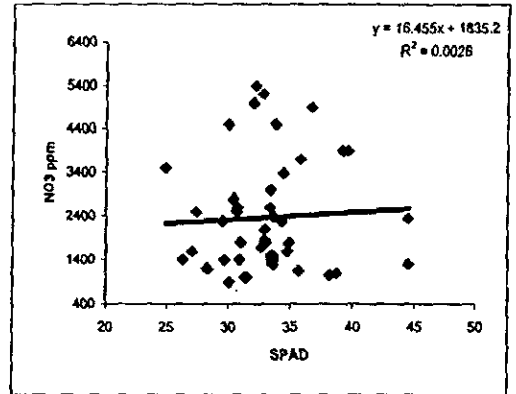
6.4.1. Contenido de Nitrógeno total y nitratos en el tejido vegetal

La finalidad de relacionar el contenido de nitrógeno total con los niveles de nitratos en el extracto celular de *Alstroemeria* determinados con ionómetros, se basa en la correlación relativa de los nitratos del peciolo con los niveles utilizados como rangos críticos de nutrimentos (Burns y Hutsby, 1984). Como se muestra en la figura 22 no existe una relación entre ambos elementos en hojas jóvenes y adultas, sin embargo, se tiene dentro de las etapas (fig. 22a) una mayor concentración de nitrógeno total para ambos casos, que de nitratos siendo más representativo en las hojas jóvenes.

Los resultados indican una relación inversamente proporcional entre las concentraciones de nitrógeno total y la baja concentración de nitratos por su alta asimilación en hojas jóvenes, es decir, a medida que crece la planta la concentración de nitrógeno aumenta y para los nitratos disminuye, esto se debe a que el nitrógeno entra a la planta de manera pasiva en forma de NH_4 mientras que los nitratos, entran de forma activa siendo la manera en la cual las plantas prefieren asimilarlos (Cruz, 1999) debido a que los nitratos pueden ser almacenados en las vacuolas de la raíz y tallo, además de que es muy móvil en el xilema y es transportado hacia las hojas en gran parte como tal, sin embargo, la tasa de absorción de nitratos que es reducido en la raíz o las hojas depende de la

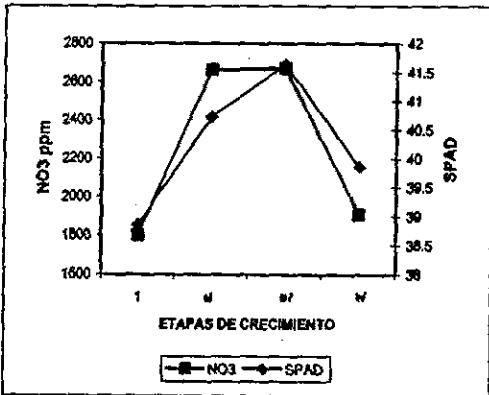


a)

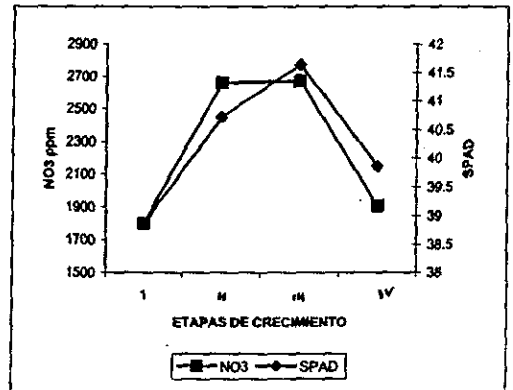


b)

Figura 21. Relación entre lecturas SPAD y contenido de Nitratos en tejido vegetal en *Astroemeria* cv Mona Lisa. a) Hojas jóvenes b) Hojas adultas



a)



b)

Figura 21' Dinámica del contenido de Clorofila (lecturas SPAD) y nitratos total en *Astroemeria* cv Mona Lisa a) hojas jóvenes b) hojas adultas

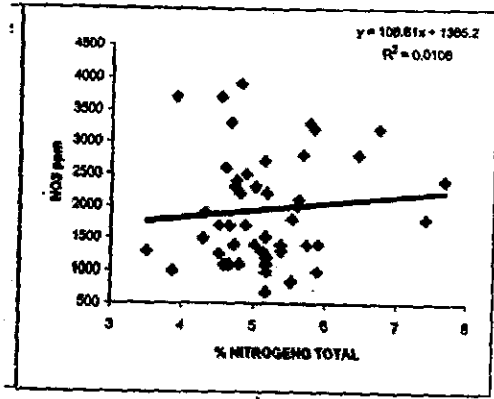
Especie y cultivar e híbrido de donde provenga, en general las plantas de climas tropicales y subtropicales, domina la reducción de nitratos en las hojas, mientras que las plantas de climas templados con bajas concentraciones de nitratos en el medio la reducción se lleva a cabo principalmente en la raíz (Marschner, 1995). En tanto que en las hojas adultas para cada una de las etapas el comportamiento del nitrógeno y de los nitratos es similar posiblemente por la disolución de los nitratos ya que este efecto es común en los cultivos, encontrándose por lo general en concentraciones menores de nutrimentos conforme la edad de las plantas aumenta (Baligar et al., 1990). No obstante, los resultados obtenidos coinciden con los señalados por Smith et al (1998) quien encontró que la concentración de nitratos en extractos celulares de *Alstroemeria sp* de 28.5 mmol L^{-1} son concentraciones bajas y en las cuales no se puede tener una cosecha potencial alta y por tanto, al menos para este tipo de cultivos, es más factible utilizar el análisis de tejido vegetal como método más exacto en la determinación apropiada de fertilización con nitrógeno.

Cabe mencionar, que entre uno y otro método existen factores que pueden contribuir en el contenido de éstos elementos dentro del tejido vegetal. En el caso del extracto celular, la toma de muestra se ve influenciado por la hora, temperatura.

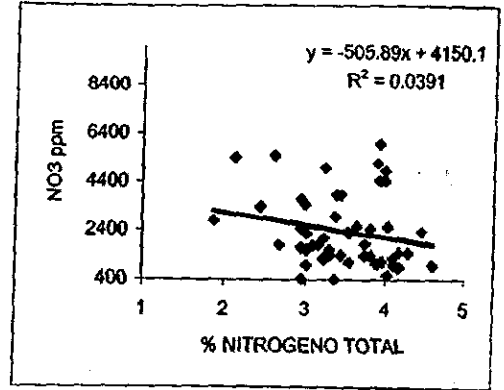
6.4.2. Contenido de Potasio total y potasio iónico en el tejido vegetal

La figura 23 muestra que no existe una relación entre el contenido de potasio en hojas y el ion potasio en el extracto celular de *Alstroemeria* tanto en hojas jóvenes como adultas, dentro de las etapas se tiene que el contenido de potasio es casi constante para ambos casos (fig. 23').

Los resultados obtenidos muestran que el contenido de potasio en el peciolo se mantuvo a niveles constantes durante el desarrollo de la *Alstroemeria*, los valores

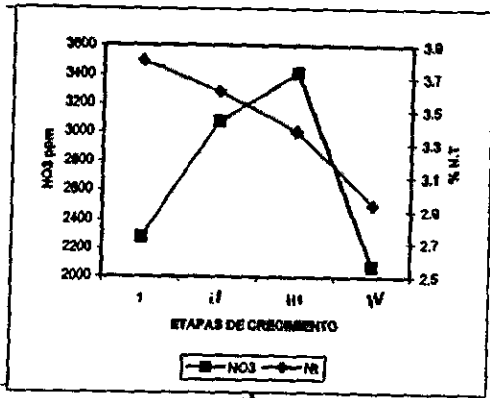


a)

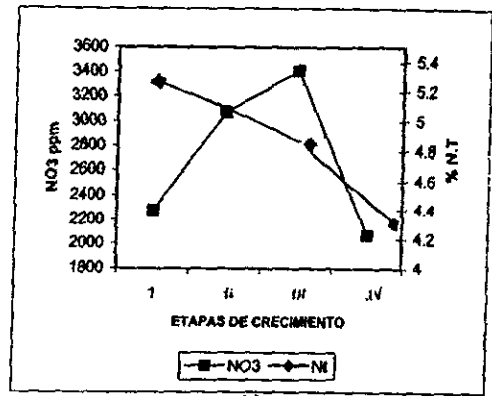


b)

Figura 22. Relación entre Nitrogeno total y Nitratos en tejido vegetal en *Astroemeria* cv Mona Lisa. a) Hojas jóvenes b) Hojas adultas

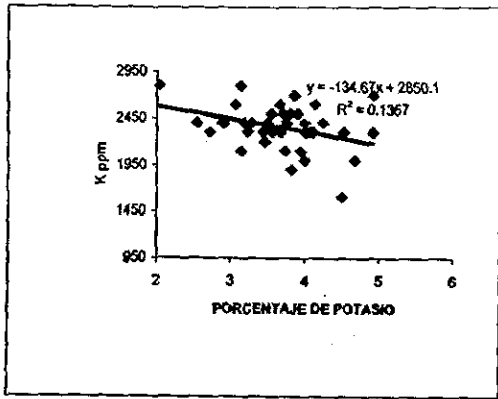


a)

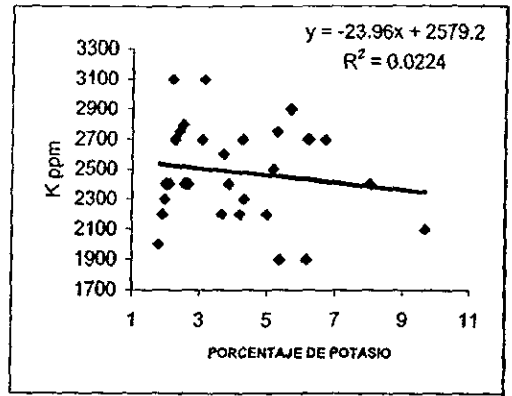


b)

Figura 22. Dinámica del contenido de nitrogeno total y nitratos total en *Astroemeria* cv Mona Lisa a) hojas jóvenes b) hojas adultas

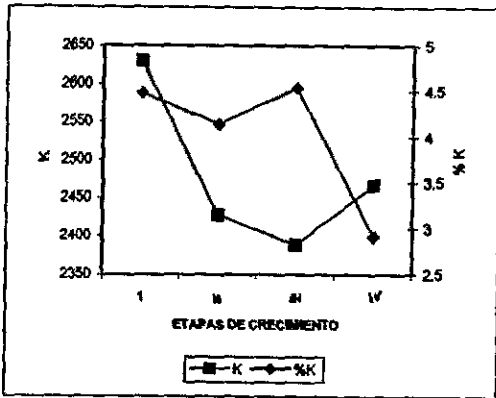


a)

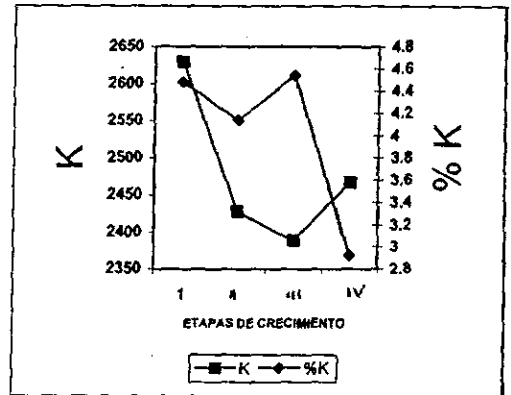


b)

Figura 23. Relación entre lecturas SPAD y contenido de Potasio en tejido vegetal en *Astromeria* cv Mona Lisa. a) Hojas jóvenes. b) Hojas adultas



a)



b)

Figura 23. Dinámica del contenido de Potasio total y Potasio iónico en *Astromeria* cv Mona Lisa. a) hojas jóvenes. b) hojas adultas

registrados con los ionómetros estuvieron entre 0.20 -0.30 %, y de acuerdo con los valores reportados por Sánchez y Martínez (1999) (3.0 - 3.69 %) los resultados obtenidos indican una deficiencia del potasio posiblemente debido a la movilidad de este elemento dentro de la planta, lo cual difiere con los resultados obtenidos por el análisis de tejido que indican un exceso en la concentración de potasio para esta especie en ambas hojas. Esto se debe seguramente a que el potasio no se ve influenciado por la luz ocasionando un descenso en la producción de materia seca (a una baja intensidad luminosa) causando forzosamente un ascenso del contenido de potasio en la planta, disminuyendo así la respuesta vegetal a una aplicación de este elemento (Jacob y Uexküll, 1973).

6.5. Inversión y Costos para la producción de *Alstroemeria*

De acuerdo al cuadro 12 la principal desventaja del sistema hidropónico es el elevado capital inicial de inversión (Resh, 1983), por lo que su factibilidad está limitada a cultivos altamente redituables, que tengan alta demanda en el mercado y que haya garantía de ser comercializado a buen precio como lo señala Lara (1998). La *Alstroemeria* es una planta que reúne estas condiciones puesto que tiene la ventaja de ser una especie altamente productiva que atrae por la variedad de sus colores y su longevidad en postcosecha. No obstante, este gasto inicial puede ser recuperado en un tiempo relativamente corto, considerando que la producción de tallos florales es mayor bajo este sistema de cultivo que con el tradicional, así como puede observarse a lo largo del año solo se tienen gastos en lo que se refiere al uso de fertilizantes e insecticidas, el gasto de agua se ve reducido por el sistema de riego empleado, la energía utilizada con el ventilador de aire se ocupa en épocas de máximo calor y junto al el pago de mano de obra se tiene los gastos del año, por lo que se considera que al siguiente año se recupera la inversión inicial donde el gasto mayor es en lo relacionado con la infraestructura, lo que implicaría el inicio de las ganancias reales, tomando en cuenta que existen fechas en el mercado en las cuales el precio y la demanda de las flores es mayor. Generalmente el precio del tallo floral oscila entre un \$1.00 o más.

Cuadro 12. Inversión y costos para la producción de *Alstroemeria*

Material	Descripción	Costo inicial	Costo	
		Aproximado	mensual	anual
Sistema hidropo/riego	tanque, mangueras goteros, válvulas	\$800 - \$750	no	\$1600 c/u
Insecticida	marca Confidor	\$530 c/u	no	\$2120
Fertilizantes	Ca(NO ₃) ₂ , KNO ₃ MgSO ₄ Urea, Cottofos	\$690	no	\$690
Camas	Cemento 15x 1.20	\$300 - \$400	no	\$1200 c/u
Tutores	metálicos	\$50 c/u	no	\$3800
Substrato	Tezontle y agrolita	\$150m ³ \$60 bulto	no	\$510
Cubetas	plásticas de 20lt	\$9.00 c/u	no	\$648
Mano de obra		\$50 - \$60 al día	no	\$21900
GASTO INICIAL				total \$30368

6.5.1. Insumos de fertilizantes e insecticidas

En el cuadro 13 se tiene que la cantidad de fertilizantes e insecticidas y el gasto de agua en insumos mensuales y anual es realmente mínimo lo que contribuye a disminuir los gastos para el cultivo de la *Alstroemeria* y obtener con ello rápidamente las ganancias.

Cuadro 13. Insumos de fertilizantes e insecticida y gasto de agua.

Nombre	insumo mensual	insumo anual
Nitrato de calcio	84.93 g	1019.16 g
Nitrato de potasio	280.42 g	3365.12 g
Sulfato de magnesio	76.38 g	916.59 g
Urea	16.38 g	196.67 g
Cottofos (KH ₂ PO ₄)	12.76 g	153.19 g
Confidor		12 frascos
Agua	1200 - 1400 lt	14,400 - 16,800 lt

VII. CONCLUSIONES

- La solución nutritiva (PO de -0.092 MPa) y el riego por goteo 2 veces al día no influyen directamente en la producción de tallos florales en cv Mona Lisa.
- Al menos para este tipo de cultivo es más factible utilizar el análisis de tejido vegetal como método más exacto en la determinación apropiada de cualquier programa de fertilización.
- La producción de tallos florales de la Alstroemeria híbrida CV Mona Lisa bajo el sistema hidropónico establecido es mayor a la que se obtiene por el método tradicional y por lo tanto su comercialización es redituable en términos generales
- El cultivar Mona Lisa, aparentemente como otros cultivares estudiados por Labeke (1993) y Brigden y Bartok, (1998) se ve afectado por la temperatura y el fotoperiodo

VIII. RECOMENDACIONES

1. - Llevar un registro permanente de la temperatura ambiental - sustrato durante y después del ciclo de la producción floral de *Alstroemeria* cv Mona Lisa, para verificar si ésta variedad es susceptible a los cambios de temperatura. Así como las horas luz, que se tienen durante ese período.
2. - Debido a que la *Alstroemeria* es una planta que produce tanto tallos florales como vegetativos a lo largo del año, se considera que es mejor utilizar camas que macetas ya que el poco espacio de estas puede ser también estresante para la planta.
- 3.- Para el uso de técnicas de diagnóstico nutrimental como iónómetros, SPAD, investigar sobre que estructura básicamente se debe muestrear y etapa de crecimiento, para esta especie.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Alcalde, S. 1990. Establecimiento de módulos para la transformación y validación de tecnología mediante hidroponía de cultivos hortiflorícolas en el área de influencia del ex lago de Texcoco. Memorias.
- Alcántar, G. 1992. *Análisis Vegetal*. In: Los análisis físicos y químicos. Su aplicación en agronomía. Editores: Alcántar G.G., Jorge D. Etchevers B., Andrés A. Santelises. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Azcon, B. J. and Talon, M 1996 *Fisiología y Bioquímica Vegetal* Ed. Interamericana McGraw – Hill España.
- Baca, C. G. A 1983. Efecto de la solución nutritiva, la frecuencia de los riegos, el sustrato y la densidad de siembra en cultivos hidropónicos al aire libre de pepino, melón y jitomate. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Baligar, V.C y R. Duncan. 1990. *Crops as enhancers of nutrient use*. Academic Press. Inc. United States of America.
- Bellardi, M.G, Befarccini, A, Betti, L. 1994. Survey of virus infecting *Alstroemeria* in Italy. *Acta Horticulturae* 377: 73 – 78.
- Benton, J. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro – Macro Publishing Inc. . United States of America.
- Blom, J. and Piott, D. B. 1990. Constant soil temperature influences flowering of *Alstroemerias*. *Hortscience* 25(2): 189-191.
- Brigden, P.M and Bartok, J. 1990. Evaluation of a grown medium cooling system and its effects on the flowering of *Alstroemeria*. *Hortscience*, 25(12) p 1592 – 1594.

- Bugarin, M R. 1996. Proporción de amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva, en el cultivo hidropónico de crisantemo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Burgueño, H., Uribe F., Valenzuela, M, 1994. La fertigación en cultivos hortícolas con acolchonado plástico. Bursag, S.A. de C.V. Culiacán, Sinaloa, México.
- Burns, I. G. Y W. Hutsby. 1984. Development and evaluation of rapid test for the estimation of phosphate and potassium in Plant Sap. Commun. In Soil Sci. Plant ana., 15(12), 1463-1480.
- Cadahía, C. 1998. Fertirrigación . Ediciones Mundi – Prensa, España.
- Carpeta O., Luque A. et al. 1986. Variaciones en el contenido de nutrientes en hojas de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivado en hidroponía, como base para diagnóstico por análisis foliar. Rev. Agroquímica Tecnológica Alimenticia, Vol.18, 111-117.
- Córdoba C. M. de J., Marquez, H. L. A., y Vivanco E. R. A. 1999. Determinación de clorofila con SPAD. Prácticas de Nutrición. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo, de México.
- Córdoba C. M de J., Marquez, H. L. A., y Vivanco E. R. A. 1999. Determinación de NO_3^- y K^+ con los ionómetros portátiles Horiba. Prácticas de Nutrición. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo, de México.
- Cruz, F.G. 1999. Curso de fertilidad y nutrición vegetal. FES Zaragoza. México.
- Follet, R.H., R.F.Follet and A.D. Halvorson, 1992. Use of chlorophyll meter to evaluate the N status of a dryland winter wheat. Commun. Soil Sci. Plan Anal. , 23; 687 –697.
- Fontes, P.C.R. Pereira. , P.G.R. and Conde R.M., 1977. Critical chlorophyll total nitrogen and nitrate nitrogen in leaves. Associated to maximum lettuce yield. Departamento de Fitotecnia, Universidad Federal de Vicosa. Brazil Journal of Planta Nutrition, 20(9) 1061 – 1068.

- Hagin, J. 1980. Application of fertilizer through irrigation water comptes rendus du collegue Franco-Israelien. Avignon France 89-95.
- Healy, W. E. and H. F. Wilkins 1985a. *Alstroemeria*, 419-429. In A.H., Halevy (Ed). Handbook of flowering. Vol. 1. CRC Press, Boca Ratón, Flo. USA.
- Healy, W. E. and H. F. Wilkins 1985b. *Alstroemeria* culture. Minnessota State floris' s Bulletin. Vol. 33(3).
- Healy, W. E. and H. F. Wilkins. 1991. *Alstroemeria* culture, 8-10. In: D.J., Hamrick. GrowerTalks on Crop Culture by GRO J. Ball Publishing.
- Heins, R. D and H. F. Wilkins. 1979. Effect of soil temperature and photoperiod on vegetative ad reproductive growth of *Alstroemeria* Regina. J. Amer. Soc. hort. Sci. 104(3): 359-365.
- Hernando, V. y Cadahía, C 1973. El Análisis de savia como índice de fertilización. Consejo Superior de Investigaciones Cientificas. Instituto de Edafologia y Biologia Vegetal. Madrid, España.
- Hutchinson, J. 1979. The Families of flowering plants. 3th Ed. Oxford at the Clarendon Press. Koenigstein, Germani.
- Jacob, A. and Uexküll, H. V. 1973. Fertilización Ed. Euroamericanas.
- KÖNST *ALSTROEMERIA*. 1998. Cultivating *Alstroemeria*. The Netherlands.
- Labeke, M. C. Van; Dambre, P. Van-Labeke, M C. 1993. Response of five *Alstroemeria* cultivars to soil cooling ad supplementary ligthing. Scientia Horticulturae 56:2, 135-145.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Lachica, G. M y C. González O. 1985. Nutrición Vegetal, algunos aspectos químicos y biológicos. UNESCO-[estación Experimental del Zaidin-Granada (España)] y la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas-Santiago (Chile).

Lara, A. H. 1998. Soluciones nutritivas para cuatro etapas fenológicas del jitomate. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

Larson, R. A. 1988. Introducción a la floricultura. AGT EDITOR, S. A, Carolina del Norte.

Leszczyńska-Boris, H. 1990a. Cultivo de *Alstroemeria*. Ed. UPAED, Serie: Manuales de Horticultura Ornamental. Vol. 1. Puebla, Pue.

Leszczyńska-Boris, H. 1990b. Introducción a la Horticultura Ornamental. Ed. UPAED, Serie. Manuales de Horticultura Ornamental. Vol. 2. Puebla, Pue.

Li, CY, Alva, A.K; Calvert, D and Zhang, M 1998. A rapid nondestructive technique to predict leaf nitrogen status of grapefruit tree with various nitrogen fertilization practices. Hortechology. 8(1): 81 ~ 86.

Lisiecka, A. 1981. Effect of kind of substrate of flowering of *Alstroemeria*. Experimental works of the Institute of Ponology and Floriculture. Serie B Ornamental Plants. 6,5.

Lisiecka A. ad S. Szczepaniak. 1992. Factors influencing the yield of *Alstroemeria*. Acta Horticulturae 325:324-379.

Marschner, H 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition Institute of plant nutrition. University of Hohenhim Germany. Academic Prees, London.

Martínez, B. N. 1999. Estudio nutrimental de *Alstroemeria* híbrida en hidroponía. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

- Mitchell, C.A., T. Leakokos and T.L. Ford. 1991. Modification of yield and chlorophyll content in leaf lettuce by HPS radiation and N treatments. Hortscience 26 (11): 1371- 1374 Journal of Planta Nutrition.
- Pennigsfeld, F. y P. Kurzmann. 1983. Cultivos hidropónicos y en turba. 2a Ed. Versión española, J.S. Caffarena. Ediciones Mundi prensa, Madrid, España.
- Peryea, F.J. and Kammereck, R. 1997. Use of Minolta SPAD 502 chlorophyll meter to quantify the effect ness of mid-summer trunk injection of iron chlorotic Pear Trees. Washintong State University.
- Prével, P. M., J. Gagnard. , P. Gautier. , Jones Jr. and M. R. J. Holmes. 1984. Plant Analysis as a guide to the nutrients of temperature ad tropical crops. Lavoisier, Paris, France.
- Przbyla, A. 1994. Mejoramiento genético de *Alstroemeria* (*Alstroemeria* L.). Rev. Chapingo, Serie Horticultura nº 1.151-158. México.
- Resh, H. M 1983. Cultivos hidropónicos. Edición española. Artes Gráficas. Palermo, España.
- Rodríguez, C. E. 1989. Absorción de agua y nutrimentos en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Salisbury, B. F. and Cleon, W. R. 1994. Fisiología Vegetal Ed. Iberoamericana, México.
- Sánchez del C. F., Escalante, R. E. 1983. Hidroponía: principios y métodos de cultivo. 2a Ed. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Sánchez. G. P. y Martínez. B. N. 1999. Nutrición mineral de *Alstroemeria*. 1ª Ed. Publicación Especial 9. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS):
- Sánchez. G. P. 1998. Curso de Nutrición vegetal I. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

- Schreuder, H. 1993. *Cultivo & Comercio. Plano Flor*, año 6-N. R. 1, Madrid, España.
- Síntesis Geográfica. Nomenclatura y Anexo Cartográfico del Estado de México. 1987. INEGI. México, D. F.
- Smith, A. M., Elliott, G. C. and Bridge. P. M 1998 Calcium and nitrogen fertilization of *Alstroemeria* for Cut Flower Production. *Hortscience* 33(1): 55-59.
- Steiner, A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil* XV: 134-154.
- Steiner, A. 1966. The influence of chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato planta. *Plant and Soil*. XXIV: 454 – 466.
- Steiner, A. 1968. *Soilles.culture. Proccedings of the 6 th Colloquium of the International Potash Institute. Florence, Italy. Published by: Int. Potash Inst. Berne, Switzerland.*324-341.
- Steiner, A. and H. Van Winden. 1970. Recipe for ferric salt of ethylenediaminetetraacetic acid. *Plant Phisiol.* 46:862-863.
- Steiner, A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. *Proccedings of the 3th International Congress of Soilles Cuture IWOSC, Sassari, Italy.* 43 – 54.
- Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. *Proccedings of the 6 th International Congress on Soilles Culture. ISOSC. Wageningen, The Netherlands,* 633-649.
- Torres, Q. R. 1999. *Dinámica nutrimental, producción y calidad en cebolla cv Contessa, bajo condiciones de fertirriego por goteo. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México*

- Valenzuela, L. M 1997. Aplicación de soluciones nutritivas con diferente conductividad eléctrica en tomate en condiciones de fertirriego y alcohonado plástico. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Van Os, E. A. 1994. Closed growing systems for more efficient and environmental friendly production. *Acta Horticulturae* 361:194-200.
- Vos, J. and Bom 1993. Hand-held chlorophyll meter, a promising tool to assess the N status of potato foliage. *Potato Res.* 36: 301-308. *Journal of Planta Nutrition*.
- Westcott, M P., C. J. Rosen y W. P. Inskeep 1993 Direct Measurement of Petiole Sap Nitrate in Potato to Determine Crops Nitrogen Status. *Journal of Planta Nutrition*, 16(3), 515-521.
- Wood, C.W., D.W. Reeves, R.R. Dufield and K.L. Edmisten. 1992 Field chlorophyll measurements for evaluation of corn N status. *J. Planta Nutrition* 15(4) 487-500
- Zamudio, G. B. 1996. Síntesis conceptual sobre hidroponía. Trabajo de investigación en el curso de Absorción y Transporte Nutricional. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

X. ANEXO

Propagación

Los rizomas de este experimento se propagaron en suelo durante los meses de enero y febrero, 1997, para que su sistema radical estuviera bien formado y no resistiera al trasplante. Posteriormente se llevaron al invernadero durante 25 días para su adaptación en agrolita, el exceso de suelo se quitó con agua e hipoclorito de sodio al 1%. El riego se hizo diariamente con agua destilada por 20 días, para homogeneizar la reserva de los rizomas, en los días restantes se regó con solución nutritiva de Steiner al 33%.

Trasplante

Se realizó cuando los rizomas tenían por lo menos 4 tallos vegetativos y el tamaño del rizoma tenía de 5 - 7 cm de longitud, cada rizoma se colocó a 5 cm de profundidad. Después de 20 días se hizo un aclareo, eliminándose poco a poco los tallos desarrollados en la propagación y solamente se dejaron los tallos nuevos (Martínez, 1999).

Básicamente nuestro trabajo, comenzó aproximadamente a los 10 meses del trasplante