

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

Comparación de métodos de diagnóstico para la
evaluación del estado nutrimental de
Alstroemeria híbrida en hidroponía

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

GEORGINA BERENICE RODRÍGUEZ GARCÍA

284490

DIRECTOR DE TESIS: DR. PROMETEO SÁNCHEZ GARCÍA
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.



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.

DEDICADA:

Con todo mi amor y gratitud para los seres que me han permitido existir:

Juan Rodríguez Palomo y Anila García Pineda.

A mis hermanos, Agustín, Lucio, Toño, María y Magos por su cariño y apoyo en todo momento.

A mis sobrinos por formar parte importante en mi vida.

AGRADECIMIENTOS:

Especialmente al Dr. Prometeo Sánchez García por su valiosa dirección y tiempo prestado para la elaboración de ésta tesis, y sobre todo por confiar en mí.

Al M. en C. Gerardo Cruz Flores, quien siempre estuvo al pendiente del desarrollo de la tesis aportando valiosas sugerencias.

A los miembros del jurado:

Dr. Prometeo Sánchez García
M. en C. Gerardo Cruz Flores
Biol. Ruben Zulbaran Rosales
Biol. María de Jesús Sánchez Colín
M. en C. Miguel Castillo González

Por sus valiosas observaciones para el enriquecimiento del trabajo.

Al Colegio de Postgraduados, especialmente al área de Nutrición Vegetal por permitirme utilizar sus instalaciones para el desarrollo de la tesis.

A todos mis amigos gracias.

INDICE

INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1. ALSTROEMERIA	3
2.1.1. Características	3
2.1.2. Propagación	5
2.2. FACTORES QUE INCIDEN EN EL DESARROLLO	5
2.2.1. Temperatura	6
2.2.2. Luz	6
2.3. NUTRICIÓN VEGETAL	7
2.3.1. Funciones de algunos elementos esenciales	8
2.3.2. Absorción de Iones Minerales	10
2.4. DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL	12
2.4.1. Análisis químico foliar	12
2.4.2. Diagnostico Convencional	14
2.4.3. Diagnóstico del Optimo Porcentual (DOP)	15
2.4.4. Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS)	15
2.4.5. Diagnóstico Nutrimental Compuesto (CND)	18
2.5. HIDROPONÍA	19
2.5.1. Ventajas de la Hidroponía	20
2.5.2. Desventajas de la Hidroponía	22
2.6. SOLUCIÓN NUTRITIVA	23
2.6.1. Potencial osmótico (PO) de la solución nutritiva	24
2.7. SUBSTRATO	25
2.8. RIEGO	26

3. OBJETIVO GENERAL	28
3.1. Objetivos Particulares	28
4. HIPÓTESIS	28
5. MATERIALES Y MÉTODOS	29
5.1. Material Biológico	29
5.2. Sistema hidropónico	30
5.3. Substratos	31
5.4. Solución Nutritiva	31
5.4.1 Composición química del agua	31
5.4.2 Preparación de la solución nutritiva	31
5.5. Manejo de la Solución Nutritiva	32
5.6. Muestras	32
5.7. Análisis Químico Foliar	33
5.8. Diagnóstico Nutricional	33
6. RESULTADOS	36
6.1. Dinámica Nutricional	36
6.2. Diagnóstico Nutricional	42
6.2.1 Normas Nutricionales	42
6.2.2 Índices Nutricionales	44
	44
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS	50
7.1 Dinámica Nutricional	50
7.1 Diagnóstico Nutricional	50
8. CONCLUSIONES	53
9. BIBLIOGRAFÍA	54
10. APÉNDICE	58

INDICE DE CUADROS

Cuadro		PAGINA
1	Análisis químico del agua potable de la Unidad de Investigación "Ramón Fernández"	31
2	Fuente de nutrimentos que se utilizaron en la preparación de la Solución Nutritiva.	32
3	Rangos de suficiencia para <i>Alstroemeria sp.</i> (Jones <i>et al.</i> , 1991)	42
4	Norma obtenida del banco de datos de Martínez (1999) para el cálculo de los índices DOP en <i>Alstroemeria híbrida cv.</i> Mona-Lisa.	42
5	Norma obtenida del banco de datos de Martínez (1999) para el cálculo de los índices DRIS en <i>Alstroemeria híbrida cv.</i> Mona-Lisa.	43
6	Norma obtenida del banco de datos de Martínez (1999) para el cálculo de los índices CND en <i>Alstroemeria híbrida cv.</i> Mona-Lisa.	44
7a	Resultados del diagnóstico convencional de acuerdo a Jones <i>et al.</i> , (1991) para <i>Alstroemeria sp.</i> en hojas jóvenes.	44
7b	Resultados del diagnóstico convencional de acuerdo a Jones <i>et al.</i> , (1991) para <i>Alstroemeria sp.</i> en hojas adultas.	45
8a	Índice DOP y orden de requerimiento nutrimental en <i>Alstroemeria híbrida cv.</i> Mona-Lisa cultivada en Hidroponía bajo condiciones de invernadero para hojas jóvenes.	47
8b	Índice DOP y orden de requerimiento nutrimental en <i>Alstroemeria híbrida cv.</i> Mona-Lisa cultivada en Hidroponía bajo condiciones de invernadero para hojas adultas.	47
9a	Índice DRIS y orden de requerimiento nutrimental en <i>Alstroemeria híbrida cv.</i> Mona-Lisa cultivada en Hidroponía bajo condiciones de invernadero para hojas jóvenes.	48

9b	Indice DRIS y orden de requerimiento nutrimental en <i>Alstroemeria híbrida</i> cv. Mona-Lisa cultivada en Hidroponía bajo condiciones de invernadero para hojas adultas.	48
10a	Indice CND y orden de requerimiento nutrimental en <i>Alstroemeria híbrida</i> cv. Mona-Lisa cultivada en Hidroponía bajo condiciones de invernadero para hojas jóvenes.	49
10b	Indice CND y orden de requerimiento nutrimental en <i>Alstroemeria híbrida</i> cv. Mona-Lisa cultivada en Hidroponía bajo condiciones de invernadero para hojas adultas	49
11	Media, desviación estándar (S) y error estándar de la media (e.e.m.) de los análisis químicos para <i>Alstroemeria híbrida</i> cv. Mona-Lisa.	58

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pagina
1	a) Flor de <i>Alstroemeria</i> cv. Mona-Lisa, b) Raíces (rizomas), c) Plantas de <i>Alstroemeria</i> .	4
2	Representación esquemática de los módulos hidropónicos.	30
3	Dinámica del N en <i>Alstroemeria híbrida</i> cv. Mona-Lisa bajo condiciones de Hidroponía.	36
4	Dinámica del P en <i>Alstroemeria híbrida</i> cv. Mona-Lisa bajo condiciones de Hidroponía.	37
5	Dinámica del K en <i>Alstroemeria híbrida</i> cv. Mona-Lisa bajo condiciones de Hidroponía.	37
6	Dinámica del Ca en <i>Alstroemeria híbrida</i> cv. Mona-Lisa bajo condiciones de Hidroponía.	38
7	Dinámica del Mg en <i>Alstroemeria híbrida</i> cv. Mona-Lisa bajo condiciones de Hidroponía.	38
8	Dinámica del B en <i>Alstroemeria híbrida</i> cv. Mona-Lisa bajo condiciones de Hidroponía.	39
9	Dinámica del Cu en <i>Alstroemeria híbrida</i> cv. Mona-Lisa bajo condiciones de Hidroponía.	39
10	Dinámica del Mn en <i>Alstroemeria híbrida</i> cv. Mona-Lisa bajo condiciones de Hidroponía.	40
11	Dinámica del Fe en <i>Alstroemeria híbrida</i> cv. Mona-Lisa bajo condiciones de Hidroponía.	40
12	Dinámica del Zn en <i>Alstroemeria híbrida</i> cv. Mona-Lisa bajo condiciones de Hidroponía.	41

RESUMEN

Las flores juegan un papel importante en la vida del hombre como fuente de inspiración, decorativo y económico. En la actualidad en los mercados internacionales aparecen nuevas especies de plantas ornamentales con gran demanda comercial, una de ellas es la *Alstroemeria* por tener flor de corte con gran variedad de colores y una larga vida en florero.

La producción comercial de la *Alstroemeria* comenzó a desarrollarse a nivel mundial hace apenas 30 años, sin embargo en México su introducción es más reciente. Uno de los problemas que se presentan para la producción de especies de reciente introducción es que se desconocen sus necesidades específicas de temperatura así como sus requerimientos nutrimentales.

En la presente investigación se elaboraron tres normas nutrimentales para *Alstroemeria Híbrida* cv. Mona-Lisa: la Desviación del Optimo Porcentual (DOP), que cuantifica la cantidad en la que un nutriente se desvía de la norma individual; el Sistema Integral de Diagnóstico y Recomendaciones (DRIS), el cual utiliza índices para cada nutriente, obtenidos de la media aritmética de unas funciones calculadas considerando las relaciones de todas las parejas de elementos en los que interviene el elemento considerado; así como el Diagnóstico Nutricional Compuesto (CND), que también cuantifica índices individuales para cada nutriente, pero usando su relación respecto a la media geométrica de todos los nutrientes y componentes de la materia vegetal.

Las normas se elaboraron a partir de un banco de datos de 45 observaciones obtenidos del análisis foliar y rendimiento obtenidas por Martínez (1999). Con el empleo de las normas antes obtenidas se realizó el diagnóstico nutricional del análisis foliar en cuatro etapas de desarrollo de la planta, para posteriormente comparar los resultados obtenidos con los tres métodos de diagnóstico nutricional antes mencionados, así como el método de diagnóstico

convencional de Jones *et al.* (1991), por ser una guía muy usada para la interpretación de los análisis químicos realizados a las plantas.

Los resultados muestran que el empleo de diagnósticos nutrimentales dinámicos como lo son el DRIS y el CND en donde se toma en cuenta el equilibrio entre los elementos el número de deficiencias es menor al marcado por los métodos estáticos (el convencional de Jones *et al.* (1991) y el DOP). Tanto el DRIS como el CND proporcionan informaciones similares en cuanto a las deficiencias que presenta la planta, sin embargo, la utilización y elaboración de las normas de CND son más sencillas, además de que tomar en consideración al resto de los elementos presentes en la planta.

1. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos, las plantas ornamentales juegan un papel importante en la vida del hombre, las flores y su paisaje han sido y siguen siendo una fuente de inspiración para pintores, diseñadores, poetas, músicos y artistas. En México la tradición del cultivo de plantas ornamentales se remonta a los tiempos prehispánicos y estaba asociada al culto religioso (Leszczyńska-Borys, 1990b).

Hace apenas unos 160 años que se desarrolló el cultivo de las plantas ornamentales con bases científicas, actividad que comúnmente se le denomina floricultura u horticultura ornamental. La floricultura comercial es una forma de agricultura intensiva que se dedica a la producción de plantas ornamentales, cuyo objetivo principal es satisfacer las necesidades estéticas del hombre (Larson, 1988; Leszczyńska-Borys, 1990b).

Las plantas ornamentales se distinguen por sus valores decorativos, a veces muy especiales, como son la gama de diferentes colores, matiz, tamaño, cantidad y calidad de las flores y sus formas. Estas plantas se distinguen de las otras plantas hortícolas por sus necesidades muy particulares de suelo y clima, esto se debe a que proceden de diferentes regiones climáticas del planeta por lo que, cada especie tiene su rango específico de temperatura así como diferentes requerimientos nutrimentales (Leszczyńska-Borys, 1990b).

Además, el estado nutrimental de un cultivo, determina la cantidad y calidad de los productos que se producen, por ello es necesario conocer los factores que limitan el rendimiento de la producción en el cultivo. Existen diversas técnicas para diagnosticar los problemas nutrimentales en las plantas y de esta forma tomar medidas correctivas en su momento, uno de estos es el análisis

químico del tejido vegetal, el cual determina la concentración de nutrimentos en la planta (Sánchez y Martínez, 1999).

Una vez que se tienen los resultados del análisis vegetal es necesaria su interpretación, para ello existen diversos métodos de diagnóstico, algunos de estos implican una mera comparación en la concentración de un sólo elemento, como la Desviación del Optimo Porcentual (DOP). Sin embargo, más recientemente se han desarrollado métodos de interpretación de los análisis químicos en los cuales el balance nutricional se enfatiza en los diagnósticos, entre estos figuran el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) y el Diagnóstico Nutricional Compuesto (CND).

Dado que la *Alstroemeria* es una especie ornamental para flor de corte, que tiene alta demanda en el mercado por tener flores atractivas con gran variedad de colores y excelente vida de postcosecha, con tan sólo treinta años se ha desarrollado a nivel mundial y en México aún más reciente, la presente investigación, consistió en analizar la dinámica nutrimental de algunos elementos esenciales para el desarrollo de la planta, cinco macronutrimentos (N, P, K, Ca y Mg) y cinco micronutrimentos (B, Cu, Fe, Mn y Zn) a lo largo de un mes, para observar las posibles variaciones que existen a lo largo de su desarrollo.

Además se elaboraron de tres normas nutrimental (DPO, DRIS y CND) antes mencionadas para *Alstroemeria hibrida* cv. Mona-Lisa con un banco de datos obtenidos de Martínez (1999), con el objeto de tenerlas como referencia para incrementar la productividad y calidad de la flor. Una vez obtenidas las normas, estas se evaluaron y compararon para determinar cual de ellas proporcionaba mayor información acerca del estado nutrimental de la planta.

2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1. ALSTROEMERIA

El nombre de este género proviene del apellido del botánico sueco, el barón de Claus Alstroemer (1736-1796). El cultivo de la *Alstroemeria* se ha desarrollado apenas hace 30 años aproximadamente en varios países del mundo, en México aún no existe una producción comercial de esta planta (Leszczyńska, 1990a).

El género *Alstroemeria* pertenece a la subclase Monocotyledoneae y la familia Alstroemeriaceae, que incluye aproximadamente 60 especies, principalmente perennes, crecen de manera silvestre en los bosques subtropicales y tropicales de América del Sur: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Perú, Ecuador, Paraguay, su nombre común es "Lirios de los Incas" (Leszczyńska, 1990a).

Los cultivos actuales de *Alstroemeria* son el resultado de años de propagación y mutaciones de diversos cultivos. Todos los cultivos comerciales de la *Alstroemeria* son híbridos, producidos originalmente por las compañías van Staavern en Holanda y por Parigo Seed en Inglaterra. Los colores de la *Alstroemeria híbrida* se pueden separar en dos grupos: los que van desde tonos blancos y amarillos hasta los rojos y naranjas (Healy y Wilkins, 1985b y 1991).

2.1.1. CARACTERISTICAS

La flor de la *Alstroemeria* tiene forma de embudo, contiene seis pétalos, seis estambres y un estilo con tres estigmas ramificados. Los tres pétalos del anillo externo son de un sólo color (en la mayoría de los casos) y tienen manchas de color negro o café, de tamaño fijo, que forman un "cáliz"; otros dos pétalos, del anillo interior, son más angostos, alargados y colocados hacia arriba; el tercero, es un poco más grande y se dirige hacia arriba (Healy y Wilkins, 1985a; Leszczyńska, 1990a).

La inflorescencia está colocada en la parte terminal de los tallos, son rígidos y foliados, dependiendo de la especie y ambiente, crecen de 20 a 120 cm

(Fig. 1 tomada de Sánchez y Martínez, 1999). La *Alstroemeria* tiene rizomas blancos, de los cuales salen los brotes aéreos: los rizomas laterales y las raíces absorbentes se desarrollan a partir del segundo nudo del brote aéreo (Leszczyńska, 1990a).

Los brotes aéreos pueden ser vegetativos o generativos, normalmente cuando los brotes tienen más de 30 hojas abiertas, son vegetativos y no van a florecer por lo que se pueden remover periódicamente. Las temperaturas bajas van a promover la generación de brotes florales (Healy y Wilkins, 1984; Leszczyńska, 1990a).



Figura 1. a) Flor de *Alstroemeria* cv. Mona-Lisa, b) raíces (rizomas) y c) planta de *Alstroemeria*.

Las especies comerciales de la *Alstroemeria* se distinguen por tener flores grandes (diámetro hasta de 10 cm), desarrollo homogéneo en la inflorescencia y mayor longevidad de vida en florero tanto de las flores como de las hojas. Las especies de la *Alstroemeria* tienen muchos matices diferentes: violeta, rojo, anaranjado, amarillo. El numeroso rango de colores que tienen los híbridos, proviene de los colores básicos de las especies nativas (Leszczyńska, 1990a).

2.1.2. PROPAGACIÓN

La *Alstroemeria* se propaga sólo vegetativamente, por división de rizomas. Normalmente deben ser removidas y divididas cada tercer o cuarto año dependiendo de la especie y de las características del crecimiento. Una o dos semanas antes de la división se debe hacer una poda, dejando solamente los brotes jóvenes de 15 a 20 cm de altura, para estimular el crecimiento de los brotes nuevos y facilitando el manejo de la planta (Healy y Wilkins, 1991; Leszczyńska, 1990a).

Cada nueva división debe constar de un rizoma sencillo con un meristemo de crecimiento no dañado y algunas raíces grandes de almacenamiento para que se lleve a cabo el rápido establecimiento de la planta, puesto que de ellas van a crecer las nuevas raíces fibrosas. (Leszczyńska, 1990a).

Se plantan solamente rizomas jóvenes de 2 a 7 cm de longitud, inmediatamente después de la división del rizoma este se debe plantar para el restablecimiento de la planta. Se estima que del 5 al 25% de las plantas no sobreviven al trasplante de los rizomas sin raíz. Para incrementar la supervivencia es recomendable rociar con un fungicida durante la plantación o cuando no se observe crecimiento vigoroso de los brotes (Healy y Wilkins, 1991; Leszczyńska, 1990a).

La propagación de la *Alstroemeria* se verá favorecida si se tiene en condiciones de invernadero bajo control de la temperatura y fotoperiodo. Se ha observado, además, que durante las primeras semanas después del trasplante de los rizomas (de cuatro a ocho semanas), la temperatura del aire debe mantenerse a 15 °C para estimular el enraizamiento (Healy y Wilkins, 1986).

2.2. FACTORES QUE INCIDEN EN EL DESARROLLO

Existen diversos factores que inciden en el desarrollo y productividad de la *Alstroemeria* como lo son:

2.2.1. LA TEMPERATURA: La planta se desarrolla en climas templados, no soporta el frío invernal de los países nórdicos ni los calores de verano de los países del trópico. El mantenimiento de una temperatura óptima incide sobre el rendimiento y emparejamiento de la floración

Los híbridos de la *Alstroemeria* tienen un rango de temperatura diurno del aire de entre 16 y 17 °C, después de la plantación en invernadero. Durante la noche, la temperatura óptima es de 13 °C. Se ha mostrado que las temperaturas por arriba de los 21 °C reducen la producción de brotes generativos de la *Alstroemeria regina*, mientras que las temperaturas bajas estimulan la formación de los rizomas así como la producción de flores (Healy *et al.*, 1982; Healy 1986; Leszczyńska, 1990a).

Por otro lado, la producción de brotes no sólo se ve afectada por la temperatura del aire sino también por la temperatura del suelo. Healy y Wilkins (1986) mostraron que la producción de brotes generativos es inversamente proporcional a la temperatura del suelo, encontrando que la temperatura más favorable es de 13 °C.

Una vez que iniciaron la floración, las plantas van a producir flores hasta que la temperatura del suelo esté por arriba de los 15 °C durante dos semanas. La temperatura del suelo al igual que las temperaturas del aire deben ser bajas ya que si esta llega a ser mayor a los 20 °C se inhibe la floración de las plantas.

2.2.2. LA LUZ: La duración del día, así como la intensidad de la luz controlan la iniciación de la floración de la *Alstroemeria*, se ha observado que cuando se alarga el fotoperiodo se incrementa la producción total de flores (Healy y Wilkins, 1991).

Los periodos de floración de esta planta dependen tanto de la temperatura como de la intensidad de luz que recibe, en Europa los periodos de floración de la *Alstroemeria* "Regina" son de marzo a julio y de septiembre a diciembre, ya que de diciembre a marzo la intensidad de luz es inapropiada. La mayoría de los

cultivos de *Alstroemeria* requiere fotoperiodos mínimos de 12 horas de luz para promover la producción de tallos florales (Healy y Wilkins, 1986).

2.3. NUTRICION VEGETAL

El crecimiento y desarrollo normal de las plantas está determinada por la disponibilidad de ciertos elementos químicos esenciales para el metabolismo en sus órganos. De los 92 elementos que se conocen en la naturaleza, 60 de ellos han sido encontrados en diversas plantas, y solamente 16 de estos elementos son considerados como esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas (Resh, 1992; Rodríguez, 1996).

Las plantas está compuesta principalmente por carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno. Mediante la fotosíntesis, los vegetales utilizan la luz solar como fuente de energía, produciendo compuestos orgánicos a partir del bióxido de carbono que se obtienen de la atmósfera y el agua que extraen fundamentalmente con las raíces, elaborando así los hidratos de carbono. Para la síntesis de otras sustancias básicas como las proteínas, fosfolípidos, clorofila, etc., necesitan de otros elementos los cuales la planta extrae de su medio (Rodríguez, 1996).

Los elementos que utiliza la planta para sus distintas síntesis y funciones vitales son los llamados nutrimentos minerales, o simplemente nutrimentos, que entran en la planta en forma de iones inorgánicos disueltos en agua que absorben las raíces. Para que un elemento sea considerado como esencial para la planta debe tener una influencia directa sobre el metabolismo de esta, de tal manera que su presencia resulta determinante en el ciclo biológico, y no puede ser reemplazado por otro elemento en su acción fisiológica (Pérez y Martínez-Laborde, 1994; Rodríguez, 1996; Rojas y Rovalo, 1985).

Los elementos encontrados en las plantas se dividen en elementos mayores o macronutrimento, si estos se encuentran en cantidades relativamente altas y son: el nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y azufre. Los restantes nutrimentos se encuentran en cantidades mucho menores, sin embargo son

reconocidos como esenciales para las plantas superiores, estos son los llamados micronutrientes y son: el hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno y cloro (Pérez y Martínez-Laborde, 1994; Lové, 1988).

Por otro lado, se sabe que el suelo es, por lo general, la fuente que suministra los nutrientes a la planta. La cantidad total de cada nutriente presente en el suelo no determina por sí sólo de su disponibilidad para la planta, ya que existen diversos factores que influyen en esto como son:

- ◆ El pH influye de manera muy importante en la asimilación y como consecuencia en la absorción de los nutrientes en la planta. La mayoría de las plantas prefieren un pH neutro o un poco ácido, entre 5 y 7 ya que favorece la disponibilidad de la mayoría de los elementos minerales.
- ◆ La provisión de O₂ del suelo, puede modificar la solubilidad o la forma química en que se encuentra un elemento. La escasez o ausencia de O₂ determinará que predominen las formas químicas reducidas, que suelen ser menos solubles o absorbibles.
- ◆ Las partículas que constituyen el suelo influyen en la permanencia de los nutrientes en las capas exploradas por las raíces.

En cuanto al clima, a medida que aumenta la temperatura se incrementa la absorción, debido a una mayor actividad bioquímica, hasta llegar a un límite óptimo por encima del cual decrece progresivamente hasta paralizarse. Lo contrario ocurre con las temperaturas bajas, que además de dificultar la actividad bioquímica provocan disminución en la solubilidad del suelo.

2.3.1 FUNCIONES DE ALGUNOS ELEMENTOS ESENCIALES

Nitrógeno

El nitrógeno está contenido en todas las proteínas y en todos los ácidos nucleicos y también en todo el protoplasma. Las plantas lo absorben,

principalmente a través de las raíces, como iones amonio (NH_4^+) o como iones nitrato (NO_3^-). En las plantas, el nitrato es convertido rápidamente en amonio el cual se combina con los hidratos de carbono formados en la fotosíntesis para dar lugar a aminoácidos y, finalmente, a proteínas. La formación de proteínas origina el crecimiento de las hojas y el aumento en la extensión de su superficie verde, incrementándose de este modo la fotosíntesis y estimulándose el posterior crecimiento (Simpson, 1986).

Fósforo

Las raíces de las plantas absorben el fósforo en forma de iones ortofosfato (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}). Es imprescindible en la división celular, por lo que es importante a nivel de los puntos de crecimiento del cultivo, acumulándose principalmente en los tejidos activos de la planta. El fósforo es asimismo indispensable para la planta por su intervención en diversas reacciones enzimáticas, como por ejemplo en la compleja reacción de conversión del agua y del dióxido de carbono en azúcares y almidones en el proceso conocido como fotosíntesis (Rodríguez, 1996; Simpson, 1986).

Potasio

Es fácilmente absorbido por las raíces de las plantas, en forma de iones potasio (K^+). El potasio, a diferencia de los demás elementos mayores no forma parte ni de las proteínas, ni de los hidratos de carbono, ni de cualquier otro de los componentes principales de las plantas, sin embargo el papel del potasio en la planta es muy variado, forma parte de un gran número de enzimas, por lo que regula muchas funciones de la planta, interviene en la fotosíntesis favoreciendo la síntesis de carbohidratos entre muchas de sus funciones, además es un elemento muy móvil dentro de la planta y se acumula con facilidad en las zonas de mayor actividad vegetativa (Fuentes, 1989).

Calcio

El calcio es absorbido por las raíces en forma de iones calcio (Ca^{2+}). El calcio interviene en la regulación de la presión osmótica. Lo mismo que el fósforo, es indispensable para los puntos de crecimiento de las plantas, de forma especial, para el extremo de la raíz. Se encuentra en los constituyentes de la pared celular y también interviene en evitar la acumulación de cantidades excesivas de manganeso en las plantas que se comportan como tóxicas (Simpson, 1986).

Magnesio

El magnesio es absorbido por las raíces de las plantas en forma de iones magnesio (Mg^{2+}). Interviene en la regulación de la presión osmótica, aunque es indispensable principalmente porque forma parte de la molécula de clorofila. También favorece la necesaria y rápida movilización del fósforo dentro de la planta (Simpson, 1986).

Microelementos

Todos los microelementos tienen funciones muy específicas en la nutrición de los cultivos y muchos de ellos están relacionados con enzimas y coenzimas de las que depende el normal crecimiento de la planta. Un rasgo característico de los microelementos es que para desempeñar su función sólo son necesarias cantidades muy pequeñas, por lo que existe gran variabilidad de estos (Simpson, 1986).

2.3.2. ABSORCIÓN DE IONES MINERALES

Las plantas absorben los nutrientes del suelo principalmente en forma de iones; también pueden obtenerlos también mediante la absorción a través de las hojas. Sin embargo, es la raíz el órgano vegetal especializado en la absorción de agua y de nutrientes disueltos (Pérez y Martínez-Laborde, 1994).

Las plantas absorben los nutrientes por medio de numerosos pelos radicales que poseen las raíces jóvenes, las cuales se renuevan continuamente,

ya que tienen un tiempo de vida corto. Estos pelos radicales segregan sustancias ácidas que contribuyen a solubilizar compuestos difícilmente solubles, tales como fosfatos y carbonatos (Fuentes, 1989).

Sin embargo, las sales del suelo no pueden entrar a la célula por mera difusión, pues como la membrana es semipermeable no permite, por definición que la atraviesen los solutos, sino sólo los solventes, además se ha comprobado experimentalmente que las sales no entran en proporción al agua absorbida, si así fuera, una planta en clima caluroso absorbería más nutrimentos que en el clima frío (Martín, 1985; Rojas y Rovalo, 1985).

Los movimientos de iones a través de membranas pueden explicarse, en parte, por difusión debido a diferencias de potencial electroquímico y mediada a veces por canales o transportadores. Pero en muchas ocasiones las concentraciones dentro y fuera de una célula no son las que podrían predecirse a partir de este mecanismo pasivo, sino mediante un mecanismo activo, capaces de mover moléculas en contra de sus gradientes de potencial electroquímico, cuyo funcionamiento requiere aporte de energía metabólica (Pérez y Martínez-Laborde, 1994).

En el transporte activo de los iones, que se realiza con gasto de energía, intervienen unas sustancias específicas llamadas *transportadores* que están situadas en las membranas. La membrana en la cual se hallan los *transportadores* limita hacia fuera un espacio externo y un espacio interno hacia adentro. Un transportador puede combinarse con un ion en un lado de la membrana y transportarlo y liberarlo en el otro lado. Las necesidades de energía, en los mecanismos de transporte activo, son cubiertas por el ATP de la respiración o de la fotofosforilación (Martín, 1985; Rojas y Rovalo, 1985; Rodríguez, 1996).

Parte de los nutrimentos absorbidos pueden ser metabolizados o utilizados en las células de la raíz, pero la mayor parte de ellos se dirigen centripetamente, desde la superficie de la raíz hacia el xilema. Una vez alcanzado el xilema de la raíz, los nutrimentos se incorporan a la corriente ascendente de agua y serán

distribuidos al resto de la planta, sobre todo a las hojas, donde serán metabolizados (Pérez y Martínez-Laborde, 1994).

2.4. DIAGNOSTICO NUTRIMENTAL

Las deficiencias de un elemento esencial para las plantas ocasionan la reducción de su crecimiento y afecta negativamente el rendimiento de los cultivos. Existen diversas técnicas que se utilizan para diagnosticar problemas nutricionales en los cultivos y de esta forma poder tomar medidas correctivas en su momento (Sánchez y Martínez, 1999).

En general el diagnóstico vegetal incluye dos procesos principales que son, por un lado la adquisición de datos, que implican: a) la obtención de toda la información que se disponga del cultivo, b) muestreo y preparación de las muestras y c) el análisis. El segundo proceso comprende la interpretación de los resultados de los análisis y demás datos previos disponibles. Para la interpretación se requiere del uso de referencias o normas. Si se dispone de estas normas, una simple comparación de los resultados frente a las normas puede ser suficiente para completar el diagnóstico (Cadahia y col., 1998).

2.4.1. ANÁLISIS FOLIAR

Con el objeto de diagnosticar y confirmar anomalías nutrimentales que pueden presentarse y reflejarse en el rendimiento del cultivo es necesario realizar un análisis químico del tejido vegetal. El análisis en base a materia seca permite determinar si alguno de los nutrientes contenidos en el tejido son limitantes o no. El análisis foliar se divide en varias etapas:

- ◆ **MUESTREO:** La técnica de colección de muestras del material vegetal requiere de cierto cuidado, ya que los resultados del análisis químico serán confiables si el muestreo se hizo correctamente. Es importante considerar la fecha de muestreo, el órgano a muestrear, momento fenológico y la cantidad de

muestras, ya que la composición mineral de la planta varía durante el ciclo de cultivo. Además, la muestra obtenida debe ser "parte del total cuya composición mineral sea representativa de la actividad biológica de la planta completa".

- ◆ **PREPARACIÓN Y TRANSPORTE DE LA MUESTRA AL LABORATORIO:** Después de la colecta de la muestra es necesario colocarla en una bolsa perforada de papel de estraza previamente etiquetada y llevada al laboratorio en el menor tiempo posible y preferiblemente a bajas temperaturas. Se recomienda que la muestra no tenga polvo, daños de fitopatógenos y restos de algún agroquímico que haya sido aplicado vía foliar.
- ◆ **SECADO:** El secado se realiza para detener la descomposición y acondicionar el material vegetal para la molienda y se lleva a cabo en estufas con aire forzado a una temperatura promedio de 65-75 °C durante 48 horas.
- ◆ **MOLIENDA** : Para lograr homogeneidad y preparar la muestra para el análisis químico es necesario reducir el tamaño de ésta en un molino de acero inoxidable o un mortero.
- ◆ **DIGESTIÓN:** La digestión se refiere a la destrucción de la sustancia orgánica y liberación de los nutrientes de la muestra vegetal, para su posterior análisis.
- ◆ **ANÁLISIS QUÍMICO:** Los análisis químicos pueden ser realizados mediante técnicas gravimétricas, volumétricas, colorimétricas, entre otras.
- ◆ **DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES:** Con base a los análisis químicos se puede tener un diagnóstico confiable siempre y cuando los resultados se interpreten correctamente.

La segunda etapa en el proceso de diagnóstico es la interpretación de los resultados. Normalmente esta interpretación requiere la comparación de los datos

con unas normas aceptadas, directamente o tras una transformación matemáticas. Las fuentes principales de las normas son dos:

1. El análisis estadístico de una gran cantidad de datos de cultivos con alto rendimiento. La obtención de estas normas implica un gran esfuerzo en búsqueda de datos. Tras el estudio comparado de miles de ensayos de campo realizados por todo el mundo se escogen aquellos de máxima productividad y su composición mineral se considera la norma.
2. Las normas pueden obtenerse también de plantas cultivadas hidropónicamente en condiciones ambientales y nutricionales controladas, por lo que se tiene mayor seguridad puesto que la única limitación para el crecimiento y producción del cultivo es el factor genético, siempre y cuando la solución nutritiva este diseñada correctamente.

2.4.2. DIAGNÓSTICO CONVENCIONAL DE JONES et al. (1991)

Respecto a la composición mineral de la hojas Jones et al. (1991), ha recopilado un buen número de normas, sin embargo hay que ser muy cautelosos, ya que han sido obtenidas para condiciones de clima, suelo y cultivares particulares y pueden diferir de las normas más adecuadas a nuestro caso concreto (Cadahia y col., 1998).

El manual de análisis de plantas publicado por Jones et al. (1991) es una guía que se aplica con gran frecuencia para evaluar el estado nutrimental de las plantas ya que únicamente requiere la comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio con lo publicado. El manual contiene tablas para la interpretación de 302 cultivos, las cuales se divididas en siete categorías entre ellas se encuentran las plantas ornamentales que incluye a la *Alstroemeria sp.* La comparación se hace incluyendo nuestros datos analíticos en un intervalo predeterminado donde se supone que la planta presentaría concentraciones del nutrimento que no implican reducción en su producción. También incluye intervalos para zonas de carencia y exceso.

2.4.4. DESVIACIÓN DEL OPTIMO PORCENTUAL (DOP)

La Desviación del Optimo Porcentual es un método estadístico, usa la comparación de la concentración del nutriente respecto de la norma, pero en una expresión porcentual. En otras palabras cuantifica la cantidad en que un nutriente se desvía de esa norma individual. De esta manera permite una clasificación u ordenamiento de los nutrientes en función de su estado limitante (Cadahia y col., 1998).

El sumatorio de los valores absolutos de los índices representa el balance nutritivo total de la planta y puede ser relacionado con la productividad. La ventaja del método es que es fácil de utilizar y sus resultados son muy similares a los obtenidos usando normas como el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), lo que provoca que en algunas comarcas agrícolas se está empleando como método de rutina para el diagnóstico. Sin embargo, dentro de las desventajas de esta norma es que no cuenta con la variabilidad debida al momento del muestreo, ni toma en cuenta la relación entre nutrientes (Cadahia y col., 1998).

2.4.5. SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIÓN (DRIS)

El Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), originalmente fue desarrollado por Beaufils (1957, 1959 reportado por Nuñez, 1987) como Diagnóstico Fisiológico y ha sido rebautizado como DRIS por Beaufils (1971, 1973 reportado por Nuñez, 1987). El DRIS trata de eliminar la restricción de que el diagnóstico debe efectuarse en una etapa fenológica bien definida y en un determinado tipo de tejido.

El DRIS es un método de diagnóstico y desbalances de nutrientes de la composición mineral del tejido vegetal que usa relaciones nutrimentales, en lugar de las concentraciones por si mismas, desde su introducción ha servido como una

útil herramienta en el análisis, diagnóstico y predicción de desordenes de nutrientes en las plantas (Quintero, 1991; Valenzuela y col., 1991).

Durante muchos años las relaciones de nutrimentos en el tejido vegetal han sido ampliamente utilizadas por muchos investigadores como guía en el estudio o diagnóstico de desbalances minerales en los cultivos. Una de las bases del DRIS es considerar el uso de relaciones de nutrimentos para el cálculo de índices que reflejan el estado nutrimental del cultivo, deficiencias y excesos (Vergara, 1992).

La capacidad del DRIS para realizar diagnósticos válidos en cualquier etapa fenológica del cultivo se basa en el uso adecuado de cocientes y productos de pares de nutrientes de acuerdo al efecto que tenga la edad de la hoja sobre el comportamiento de las diferentes formas de expresión de los nutrimentos. El diagnóstico DRIS usa índices para cada nutriente, obtenidos de la media aritmética de unas funciones calculadas considerando las relaciones de todas las parejas de elementos en las que interviene el elemento considerado. Estas relaciones están elegidas de tal manera que su variación con la edad de la hoja sea mínima, por lo que aunque normalmente son el cociente entre los elementos, pueden ser también el producto (Cadahia y col., 1998; Vergara, 1992).

Entre las ventajas que ofrece el diagnóstico DRIS, es que una vez que ha sido desarrollado un grupo de normas estándar basado en la composición foliar para un cultivo dado, esas normas son aplicables para ese cultivo particular creciendo en cualquier lugar y en cualquier estado de desarrollo, siempre que los coeficientes de variación de los contenidos nutrimentales determinados no sean mayores al 50 %. Además, uno de los problemas de mayor persistencia en la interpretación del análisis del tejido vegetal, son los cambios en la composición mineral que presentan con la edad, en el caso del DRIS, este puede ser llevado a cabo sobre un gran rango de edad de la planta, condiciones del clima, suelo y posición de la hoja muestreada, confiriendo así gran flexibilidad al sistema (Sumner, 1986).

Otra de las ventajas del DRIS, es que tiene la facilidad de dar un rango relativo de los nutrimentos elegidos en términos de sus requerimientos por la

planta, permite distinguir los efectos de tratamientos de fertilización apropiados e inapropiados, además tanto para suelo como para la planta el factor nutrimento puede ser colocado en el orden de importancia limitante para el rendimiento por medio del uso de los índices DRIS, los cuales miden el grado relativo de balance entre factores estudiados (Vergara, 1992).

Las desventajas que presenta el DRIS son: la gran cantidad de observaciones que se requieren para desarrollar las normas, además se pueden presentar errores en el diagnóstico cuando se toman muestras en plantas (o parte de ellas) muy jóvenes o muy viejas, hay dificultad para calcular los índices nutrimentales especialmente cuando son muchos nutrimentos, para lo cual es necesario utilizar equipo y programas de computo. Así mismo, uno de los problemas encontrado en el uso del DRIS es que hay pocas normas publicadas (Cadahia y col., 1998; Vergara, 1992).

El primer paso en la implantación del DRIS, es el establecimiento de valores estándar o normas de referencia, para ello se requiere de un muestreo que permita obtener los datos básicos para establecer un banco de datos, el cual deberá estar conformado por un gran número de observaciones tomadas en forma aleatoria de lotes donde se desarrollo el cultivo. Una vez que se cuenta con una población grande, el siguiente paso para obtener las normas es dividir esta población en dos subpoblaciones con base al rendimiento, obteniéndose una de alto rendimiento (B) y otra de bajo rendimiento (A).

Una vez obtenidas las dos subpoblaciones, cada par de nutrimentos en cada subpoblación se expresa de cuantas formas sea posible, por ejemplo para N y P se pueden obtener las siguientes expresiones: %N, %P N/P, P/N y N*P. De la subpoblación de alto rendimiento se estimará el parámetro óptimo (N/P ó P/N) que será considerado como la norma. Para cada forma de expresión en cada una de las subpoblaciones se calcula la media (X), la desviación estándar (S), la varianza (S^2) y el coeficiente de variación (C.V.). Aquella expresión de cada par de nutrimentos cuya relación de varianza (S^2_B/S^2_A) sea significativa será seleccionada como la forma de expresión capaz de discriminar la población de

alto rendimiento de la de bajo rendimiento y la media de la subpoblación de alto rendimiento de la expresión seleccionada será utilizada como la norma de referencia.

2.4.6. DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL COMPUESTO (CND)

El Diagnóstico Nutricional Compuesto (CND), es una técnica que empezó a desarrollarse en Canadá por Parent (1995). Con el CND se calculan índices individuales para cada nutriente, pero usando su relación respecto de la media geométrica (G), de todos los nutrientes y componentes del material vegetativo, además toma en consideración el resto de los elementos que no son analizados y que están representados por R. El valor de R es un parámetro que toma en cuenta las relaciones respecto a la composición total del material vegetal (Cadahia y col., 1998).

Las ventajas respecto de las normas DRIS es el uso de relaciones respecto a la composición total, y en consecuencia el efecto de la variabilidad de un simple elemento en el resto de los nutrientes está considerado como un efecto global y no como la contribución de varios efectos individuales sobre cada uno de los restantes nutrimentos (Cadahia y col., 1998).

Además, los cálculos son rápidos y sencillos, incluso cuando se utilizan todos los nutrientes esenciales y elementos no esenciales presentes en la planta. Se necesita únicamente el cálculo del factor G para la muestra y realizar un sencillo cálculo del índice de cada elemento. Se incluye al igual que las normas DRIS un factor relacionado con la producción de la planta (Cadahia y col., 1998).

La desventaja que presenta esta técnica de diagnóstico nutricional, al igual que el DRIS es que se requiere conocer el rendimiento exacto del cultivo y muchas de las ocasiones este dato se desconoce por lo que se imposibilita el uso de la técnica. Por otra parte, no existen más que unas pocas normas CND que han sido publicadas para unos cuantos cultivos como la cebolla, la papa y el abeto (Parent *et al.*, 1995).

2.5 HIDROPONIA

La hidroponía es un sistema de cultivo que tiene por objeto optimizar las funciones que el suelo desempeña, es decir, proporcionarle al cultivo un sustrato con las condiciones más idóneas desde el punto de vista físico, químico y fitosanitario, eliminando a su vez, la acción de todos aquellos factores que en el suelo, por su naturaleza, lo llevan inevitablemente a modificar y que se traduce en limitantes para el desarrollo de los cultivos (Sánchez y col. 1981).

La posibilidad de cultivar plantas sin tierra, fue admitida en el pasado siglo por hombres de ciencia dedicados a la botánica pura, sin embargo ya en el año de 1699, Woodward logró hacer crecer "hierba buena" tan sólo con agua. Pero no fue, sino hasta los últimos treinta años que la hidroponía adquirió jerarquía de arte y de industria plena de realidades prácticas (Huterwal, 1979).

El termino hidroponía deriva de los vocablos griegos "hydro" que significa agua, y "ponos" que equivale a trabajo o actividad. Literalmente se traduce como "actividad con agua". Se entiende por cultivo sin tierra el método que consiste en proveer a las plantas los alimentos que tienen necesidad para su crecimiento, no por intermedio de su habitáculo natural, la tierra, sino por intermedio de una solución sintética de agua y de sales minerales diversas (Huterwal, 1979; Sánchez y col. 1981).

Se puede decir que la hidroponía es un sistema de producción en la 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 una materia inerte, o simplemente la misma solución (Sánchez y col. 1981).

Además, los cultivos hidropónicos muestran un gran interés como medio de investigación, ya que la tierra es un medio complejo que incluye materias minerales más o menos solubles según el grado de humedad y de acidez ambiental, sustancias orgánicas y microorganismos, formándose interreacciones que hacen difícil el análisis exacto de un factor determinado. Por el contrario, en el sistema hidropónico, es posible establecer la composición de la solución

nutritiva con un rigorismo muy grande, así como la determinación de la acidez y alcalinidad exacta que se requiere (Huterwal, 1979).

Por otro lado, los cultivos sin tierra aplicados en el dominio práctico y los resultados obtenidos, son los que justifican el interés de la gente por la hidroponía, ya que estos cultivos han llegado a ser una realidad para los agricultores por las altas demandas de productos hortícolas y ornamentales de calidad selecta (Huterwal, 1979; Resh, 1992).

Además se considera que la hidroponía es un sistema de producción agrícola, de enorme importancia dentro de los contextos ecológicos, económicos y sociales, ya que tiene una gran flexibilidad, es decir, tiene la posibilidad de aplicarse con gran éxito, bajo muy distintas condiciones y para diversos usos como son:

- ◆ Para producir alimentos en zonas áridas o tropicales bajo condiciones de clima templado o frío.
- ◆ Para producir alimento en lugares donde el agua tiene un contenido alto de sales.
- ◆ Para aquellos lugares en los cuales no es posible la agricultura normal debido a limitantes del suelo, tales como, la erosión, rocosidad, o en lugares con pendientes pronunciadas entre otras.
- ◆ Para la producción en lugares donde es peligroso el cultivo tradicional debido a que el suelo es fácilmente erosionable.

2.5.1. VENTAJAS DE LA HIDROPONIA

La hidroponía, considerada como un sistema de producción agrícola, presenta un gran número de ventajas, tanto desde el punto de vista técnico como del económico, con respecto a otros sistemas del mismo género así como los cultivos en suelo como son:

- ◆ BUEN BALANCE ENTRE AIRE, AGUA Y NUTRIMENTOS; Dadas las características del sistema hidropónico, es posible mantener tanto el aire como el agua dentro del rango óptimo requerido por los cultivos, además de que los nutrientes se proporcionan a la planta junto con el agua, listos para ser asimilados en forma de solución balanceada y con la presión osmótica adecuada. Mientras que el suelo es sumamente difícil abastecer a las raíces de la planta las cantidades de agua, aire y nutrientes de forma simultánea.
- ◆ HUMEDAD UNIFORME; Bajo un sistema hidropónico la humedad del sustrato puede ser siempre uniforme y controlada. En el suelo, la falta de humedad o su exceso, constituyen causas frecuentes de pérdida en el rendimiento o en calidad.
- ◆ EXCELENTE DRENAJE; Esta característica sumada a que los materiales usados como sustrato generalmente no se desintegran dan como resultado una excelente aireación para las raíces.
- ◆ MAYOR DENSIDAD DE POBLACIÓN; Ya que los nutrientes no son limitantes, las plantas cultivadas en hidroponia pueden plantarse más cerca (entre un 10 y 30 %) en comparación al suelo. El factor que limita es la luz.
- ◆ FACIL CORRECCIÓN EN LA DEFICIENCIA DE NUTRIMENTOS; En el suelo, corregir una deficiencia en nutrientes o el efecto tóxico de un ion es cosa de meses o años, mientras que en un sistema hidropónico, es cosa de unos cuantos días.
- ◆ CONTROL DEL pH; Uno de los factores que influyen en la asimilación de los nutrientes y por lo tanto en el rendimiento de las plantas es el pH. En el cultivo sobre suelo el pH puede estar muy desviado del rango óptimo para una planta y su corrección, en la mayoría de los casos, puede ser difícil y costoso.

En hidroponía, al trabajar con sustratos inertes, es muy fácil y barato ajustar y mantener el pH en el nivel deseado.

- ◆ **MAYOR CALIDAD DEL PRODUCTO;** El eficiente control sobre nutrición, aireación, etc., permite que los productos del sistema hidropónico sean más uniformes en tamaño, peso, color y de más alta calidad en el comercio, que los cultivos en suelo.
- ◆ **VELOCIDAD DE MADURACION;** Con las condiciones adecuadas de iluminación se puede conseguir un adelanto en la maduración, que se muestra con mayor eficacia en los cultivos hidropónicos
- ◆ **CONTROL DE MALEZA;** En el sistema hidropónico no existe maleza, no hay laboreo, mientras que en el suelo siempre se presenta.
- ◆ **ENFERMEDADES Y PARASITOS;** No hay enfermedades, insectos, ni animales en el medio de cultivo hidropónico, tampoco se presentan enfermedades en las raíces, ni es precisa la rotación de cosechas.

2.5.2. DESVENTAJAS DE LA HIDROPONIA

Entre las desventajas que presenta la hidroponía sobre los cultivos en suelo son:

- Requiere para su manejo a nivel comercial de conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de fisiología vegetal y de química orgánica.
- A nivel comercial el gasto inicial es relativamente alto.
- Se requiere cuidado con los detalles, ya que muchos de los fracasos en hidroponía se han debido al descuido de algunos detalles, como el no mezclar

correctamente la solución nutritiva, no tener el pH de la solución dentro del rango adecuado entre otros factores.

- Se necesita conocer y manejar la especie que se cultive en el sistema.
- Se requiere un abastecimiento continuo de agua.

2.6. SOLUCIÓN NUTRITIVA

Toda planta constituye por si misma un laboratorio químico-biológico, en estado natural sus raíces obtienen de la tierra, mediante un proceso de ósmosis, agua y sustancias alimenticias. Con el método hidropónico la planta debe encontrar las mismas condiciones ambientales que le ofrece la naturaleza y, si es posible, facilitárselas. De ahí la importancia esencial de la solución nutritiva artificial, que es el fundamento de la hidroponía (Huterwal, 1979).

En los cultivos hidropónicos, todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua, para preparar la solución de nutrimentos. Las diferentes sales fertilizantes que podemos usar para la solución de nutrimentos tiene a la vez diferente solubilidad, en los cultivos hidropónicos, las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer en solución para ser tomadas por las plantas (Resh, 1992).

La composición de la solución nutritiva es un aspecto muy importante para lograr éxito con el cultivo, cuando se escoge el producto que va a suministrar el nutrimento es importante considerar el efecto del ion acompañante, además la concentración óptima de los elementos depende de varios factores como son: la especie y variedad vegetal, el estado de desarrollo de la planta, la parte de la planta que será cosechada, la estación del año, el clima y la calidad del agua (Resh, 1996; Schwarz, 1975).

Steiner (1961), señala que una solución nutritiva verdadera debe cumplir las siguientes condiciones: a) relación mutua de aniones, b) relación mutua de cationes, c) concentración iónica total y d) un pH con tolerancia de ± 0.1 . A partir

de estos criterios probó doce soluciones nutritivas en distintos cultivos, observo que el óptimo para lograr un mejor desarrollo y producción se encontró en una región muy limitada del hiperespacio explorado en su sistema de triángulo equilátero para formular prácticamente todas las combinaciones posibles de aniones y cationes. A partir de estos estudios seleccionó una composición denominada "Solución Nutritiva Universal de Steiner", que corresponde a una presión osmótica de 0.72 atm (20 °C) y un pH de 6.5 ± 0.1 .

La relación entre los aniones (NO_3^- , H_2PO_4^- y SO_4^{2-}) y entre cationes (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y NH_4^+) de la solución nutritiva más apropiada para las plantas cambia dependiendo de su etapa fenológica, también depende de la cantidad de radiación solar a la que se somete. Para garantizar el óptimo desarrollo de las plantas, es necesario suministrar los nutrimentos en la cantidad en que son demandados, esto se logra mediante el control de la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva balanceada (Lara, 1998).

La elección de sales que deberán ser usadas depende de un elevado número de factores. La proporción relativa de iones que debemos añadir a la composición se compara con la necesaria en la formulación de los nutrimentos. Las diferentes sales fertilizantes que podemos usar para la solución de nutrimentos tienen a su vez solubilidades diversas, en los cultivos hidropónicos, las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad. El costo del fertilizante en particular deberá considerarse según se vayan a utilizar, en general deberá usarse lo que se denomina como grado o calidad invernadero por tener mayor solubilidad. El uso de quelatos (hierro, manganeso y zinc) es altamente recomendable, ya que permanecen fácilmente en la solución y están siempre disponibles para las plantas, incluso bajo condiciones de pH muy variables (Resh, 1992).

2.6.1. EL POTENCIAL OSMÓTICO (PO) DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA.

El PO es una propiedad fisico-química de las soluciones, la cual depende de la cantidad de partículas o solutos disueltos. La importancia del PO en una

solución nutritiva es que al disminuir, debido al incremento en el contenido de nutrientes o de otros iones, la planta debe de efectuar un mayor esfuerzo para absorber agua y algunos nutrientes, es decir, tiene que invertir mayor cantidad de energía para llevar a cabo este proceso fisiológico. Ese desgaste de energía puede ser en detrimento de la energía metabólica. El conjunto de estos fenómenos puede ser reflejado en una disminución del crecimiento y desarrollo de la planta (Lara, 1998).

2.7. SUBSTRATO

El sustrato, para *Alstroemeria* debe de estar bien drenado con mucho contenido (aproximadamente 10%) de materia orgánica para promover el buen crecimiento y producción de la planta (Leszczyńska-Borys, 1990).

Existe una gran cantidad de métodos para desarrollar un cultivo en hidroponía, los cuales se describen en función del medio de soporte utilizados:

- ◆ CULTIVO EN SOLUCIÓN NUTRITIVA; La planta tiene sus raíces en una plancha, plástico, madera o alambre, el sistema radical cae libremente en la solución nutritiva.
- ◆ CULTIVO EN AGREGADOS; Comprende a todos aquellos métodos que utilizan como sustrato a la arena o agregados que poseen propiedades semejantes, perlita, vermiculita, etc.
- ◆ CULTIVO EN GRAVA; Esta categoría comprende además de todos los tipos comunes, a otros sustratos semejantes (de más de 2 mm de diámetro), como son: ladrillo quebrado, tezontle, etc.
- ◆ La elección del medio de cultivo sin suelo se debe determinar según la disponibilidad de este, costo, calidad y el tipo de cultivo hidropónico que va a ser empleado. El medio deberá ser suficientemente duro para poder durar bastante tiempo, y no contener ningún material tóxico (Resh, 1992).

Como ya se vio, existen diferentes sustratos que pueden emplearse con éxito en cultivos hidropónicos, en la elección del sustrato es importante garantizar que la oxigenación de la solución sea buena. La mayoría de las plantas son muy sensibles a la falta de oxígeno, y consecuentemente la mala oxigenación de la solución nutritiva reduce de manera drástica el rendimiento de biomasa total y los contenidos foliares de la mayoría de los nutrientes (Warmenhove, 1990).

El cultivo en grava es una de las técnicas hidropónicas más ampliamente utilizadas y constituye uno de los primeros métodos empleados en la época en que se introdujeron las técnicas de hidroponía a nivel comercial. La solución nutritiva se suministra, casi exclusivamente, mediante sub-irrigación. En esta modalidad, los sustratos más usados son: grava de origen basáltico, roca de lecho de río y lava volcánica (tezontle), siendo este último el más apropiado debido a su gran capacidad de retención de humedad (Sánchez y Escalante, 1981).

Steiner (1976), indica que más del 90% de las instalaciones de cultivos hidropónicos en el mundo corresponden al sistema de cultivo en grava, además indica que con el uso de tezontle en el sistema de sub-irrigación, solamente serán necesarios uno o dos riegos diarios, para obtener muy buenos resultados.

2.8. RIEGO

Leszczyńska-Borys (1990) menciona que la *Alstroemeria* después del establecimiento de la plantación, los rangos deben ser moderados, porque el exceso del agua provoca la pudrición, una vez que la planta está bien enraizada, se deben aumentar los riegos. La *Alstroemeria* produce tallos fuertes con muchas hojas, por lo que los riegos deben ser abundantes.

Los riegos en hidroponía deben utilizar un programa horario de tal manera que reciban de dos a cinco riegos al día de acuerdo a la edad de la planta, clima y época del año. Durante el periodo de máximo crecimiento los riegos deben ser más abundantes. Así mismo, deben programarse de tal manera de que la grava no permanezca demasiado húmeda durante la noche (Baca, 1983; Resh, 1992).

Además de esto, la escasez de agua para uso agrícola en los últimos años ha obligado a reorientar la investigación hacia el uso de sistemas de riego más eficientes y que además permitan ahorrar agua. En el sistema hidropónico el riego puede realizarse por inundación, sub-irrigación, aspersión, goteo, capilaridad o atomización a las raíces (Tijerina, 1998; Sánchez y Escalante, 1981). A escala comercial, un sistema de riego por goteo puede ser favorable para el cultivo hidropónico. En la mayoría de los diseños que abarca este método la solución nutritiva no sé recircula, ya que el gasto de la misma es relativamente bajo. El ritmo de goteo para el cultivo oscila por lo general de 0.5 a 4 litros diarios por goteo, dependiendo de varios factores como el clima. Tan pronto como la solución empieza a salir por los orificios de drenaje, se corta el suministro de la misma a la planta (Sánchez y Escalante, 1981).

Después de cada riego, una película de solución nutritiva permanece adherida a las raíces y también a los poros de las partículas, en éstos últimos se encuentran raíces, especialmente si se han usado partículas pequeñas. De tal manera que el riego abastece de oxígeno a la solución nutritiva circundante a las raíces (Baca, 1983).

Por otra parte es conveniente utilizar los depósitos de la solución nutritiva lo suficientemente grandes como para contener el agua precisa por los cultivos durante una o dos semanas. Además es recomendable lavar el sustrato cada dos o tres semanas con agua sola para evitar la excesiva acumulación de sales, este lavado se puede realizar con manguera o a mano (Resh, 1992; Sánchez y Escalante, 1981).

3. OBJETIVO GENERAL

Estudiar diferentes métodos de diagnóstico para evaluar el estado nutrimental de *Alstroemeria* híbrida cv. Mona Lisa bajo condiciones de hidroponía.

3.1. OBJETIVOS PARTICULARES

- ◆ Evaluar el estado nutrimental de *Alstroemeria híbrida* por etapas de desarrollo.
- ◆ Comparar los métodos de diagnóstico nutrimental DOP, DRIS y CND en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa cultivada en condiciones de hidroponía.

4. HIPÓTESIS

La baja disponibilidad de nutrientes es uno de los factores limitantes para la producción de los cultivos, el método de diagnóstico nutrimental que proporciona mayor información sobre el estado nutrimental de la *Alstroemeria* híbrida es mediante la interpretación del análisis foliar con el Diagnóstico Nutrimental Compuesto.

3. OBJETIVO GENERAL

Estudiar diferentes métodos de diagnóstico para evaluar el estado nutrimental de *Alstroemeria* híbrida cv. Mona Lisa bajo condiciones de hidroponía.

3.1. OBJETIVOS PARTICULARES

- ◆ Evaluar el estado nutrimental de *Alstroemeria híbrida* por etapas de desarrollo.
- ◆ Comparar los métodos de diagnóstico nutrimental DOP, DRIS y CND en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa cultivada en condiciones de hidroponía.

4. HIPÓTESIS

La baja disponibilidad de nutrientes es uno de los factores limitantes para la producción de los cultivos, el método de diagnóstico nutrimental que proporciona mayor información sobre el estado nutrimental de la *Alstroemeria* híbrida es mediante la interpretación del análisis foliar con el Diagnóstico Nutrimental Compuesto.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Para alcanzar los objetivos planteados se desarrolló la presente investigación en la Unidad de Investigación "Ramón Fernández" del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Texcoco, Edo. México, con la técnica de Hidroponía.

5.1. MATERIAL BIOLÓGICO

El material vegetativo que se empleó es la *Alstroemeria* Híbrida cv. Monalisa, la cual se mantuvo en condiciones de invernadero bajo el sistema de hidroponía.

Los rizomas utilizados en esta investigación la proporciono la empresa "Alstroemeria de la Montaña" de la localidad Santiago Oxtotitlán, Mpio. Villa, Guerrero, Estado de México. Los rizomas adquiridos tenían una longitud de 7 cm, sistema radical desarrollado y 4 a 7 tallos vegetativos con una altura de 8 cm.

Los rizomas utilizados se propagaron en suelo durante dos meses (enero a febrero), para que el sistema radical estuviera bien formado y resistiera al trasplante. Después se llevaron al invernadero durante 25 días para su adaptación en agrolita, a cada rizoma se le retiró el exceso de suelo lavando con agua, tuvieron un tratamiento de desinfección con hipoclorito de sodio 1 % y Benlate (1 g/L), el riego se hizo diariamente con agua destilada durante 20 días para homogeneizar la reserva de los rizomas, los cinco días restantes se regó con solución nutritiva (Martínez, 1999).

El sistema de soporte para las plantas consistió de tutores con una malla de hilasa confeccionada con medidas de 0.40 m X 12.0 m con orificios de 10 X 10 cm. Se elevó conforme la planta crecía.

Durante el manejo del cultivo, los tallos vegetativos fueron removidos periódicamente, en no más del 30 % de los brotes.

5.2. SISTEMA HIDROPÓNICO

El sistema hidropónico que se empleó fue abierto con un sistema de riego por goteo. Se utilizaron módulos hidropónicos confeccionados con cubetas de 20 litros que contenían el sustrato. La solución nutritiva fue contenida en toneles de 200 litros de capacidad, los cuales se encontraban montados en bancos de hierro a una altura de metro y medio para que el riego fuera por gravedad. Los toneles estaban conectados a un tubo principal provisto de una llave, de este tubo se conectaban mangueras plásticas provistas de goteros a intervalos regulares a lo largo de los módulos hidropónicos (Figura 2 tomada de Torres, 1999). Los riegos se suministraron diariamente dos veces al día, el primero a las 8:00 a.m. y el segundo a las 13:00 p.m.

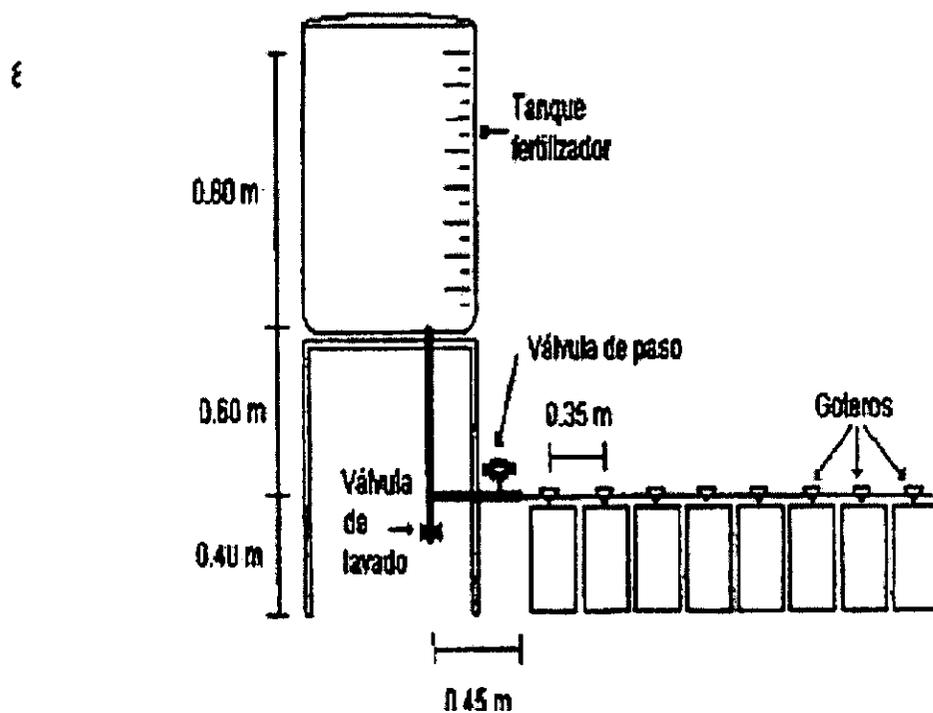


Figura 2. Representación esquemática de los módulos hidropónicos.

5.3. SUBSTRATOS

Los sustratos utilizados fueron tezontle y agrolita. El tezontle se cribó a través de un juego de mallas para obtener partículas con una granulometría de 3 a 12 mm, posteriormente se lavó con abundante agua para eliminar todas las partículas finas.

5.4. SOLUCIÓN NUTRITIVA

5.4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA

En el laboratorio de Nutrición Vegetal se analizaron seis muestras de agua potable de la Unidad de Investigación "Ramón Fernández", determinando la concentración de iones presentes (Cuadro 1). A partir de dicha información se procedió a preparar la solución nutritiva para el cultivo (Martínez, 1999).

Cuadro 1. Análisis químico del agua potable de la Unidad de Investigación "Ramón Fernández".

PH	CE dS m ⁻¹								
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
7.2	0.21	nd	2.78	1.14	0.002	0.90	1.65	0.69	0.095

nd= no detectado

5.4.2. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

La solución nutritiva que se empleó en la investigación fue la Solución Universal de Steiner (Steiner, 1968), preparada a una presión osmótica de 0.92 atm.

La concentración de los micronutrientes empleados fue de acuerdo a lo propuesto por Martínez (1999). Los macronutrientes se prepararon con fertilizantes comerciales y agua potable descrita en el punto 6.4.1. Las fuentes de los nutrientes que se emplearon se enlistan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Fuente de nutrimentos que se utilizaron en la preparación de la solución nutritiva.

MACRONUTRIENTES (Fertilizantes)	MICRONUTRIENTES (grado reactivo)
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	H_3BO_3
KNO_3	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
MgSO_4	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
UREA	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Cottofos	$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	*Fe-EDTA

El Fe se suministró en forma de quelato Fe-EDTA, preparado de acuerdo con la metodología desarrollada por Martínez (1999).

5.5. MANEJO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

El pH de la solución nutritiva se ajustó diariamente a un rango de 5.2 a 6.2 con H_2SO_4 1N ó NaOH 1N empleando un potenciómetro portátil. El cambio de la solución nutritiva se efectuó cada dos semanas, con el propósito de suministrar los nutrimentos requeridos por las plantas.

5.6. MUESTREOS

Se realizaron muestreos foliares al azar con cinco repeticiones durante un mes en diferentes etapas de desarrollo. En la primer semana se etiquetaron 12 tallos por cubeta con longitud de 25 a 30 cm aproximadamente para garantizar la presencia de hojas. Los muestreos se distribuyeron como sigue:

- ◆ Etapa 1. Tres tallos por maceta, al día siguiente de la etiquetación (con una longitud de tallo de 25 a 30 cm).
- ◆ Etapa 2. Tres tallos por maceta, ocho días después de la etiquetación (con una longitud de tallo de 45 a 65 cm).
- ◆ Etapa 3. Tres tallos por maceta, quince días después de la etiquetación (con una longitud de tallo de 75 a 90 cm).
- ◆ Etapa 4. Tres tallos por maceta, veintidós días después de la etiquetación (con una longitud de tallo de 90 a 110 cm).

Durante los muestreos se tomó la longitud del tallo, se separaron las hojas en jóvenes y adultas se etiquetaron y se tomó el peso fresco y seco de estas.

Para la separación de las hojas en jóvenes y adultas, se dividió el tallo a la mitad, de la parte superior se colectaron las hojas jóvenes sin tomar en cuenta los primordios, de la parte inferior se hizo el muestreo de las hojas adultas sin considerar a las hojas más viejas.

5.8. ANÁLISIS QUÍMICO FOLIAR

Se realizó el análisis nutrimental en hojas jóvenes y hojas adultas. Las determinaciones nutrimentales se realizaron mediante los siguientes métodos:

- ◆ N- total por el método de microkjeldahl (Alcántar y Sandoval, 1999).
- ◆ P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn, B por el método de Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma por Inducción Acoplada (AESTCP) a partir de una digestión húmeda triácida (Alcántar y Sandoval, 1999).

5.9. DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL

La elaboración de las normas se desarrolló con un banco de datos de 45 observaciones de análisis foliar y rendimiento obtenidos por Martínez (1999). La metodología que se siguió para la elaboración de las normas se describirá a continuación:

❖ DESVIACIÓN DEL OPTIMO PORCENTUAL (DOP)

Es un método estático que cuantifica la cantidad en la que un nutrimento se desvía de esa norma individual. Esta norma se saca de la media del nutrimento del banco de datos obtenidos por Martínez (1999) y el Índice se recibe mediante la siguiente función:

$$I_A = ((A - \bar{a}) / \bar{a}) * 100$$

Donde:

\bar{a} es la norma (media del nutrimento)

A es la concentración del nutrimento

❖ SISTEMA INTEGRAL DE DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIÓN (DRIS)

El primer paso consiste en separar el banco de datos obtenidos por Martínez (1999) en dos subpoblaciones, una de alto rendimiento y otra de bajo rendimiento. En cada población se calcula la media, desviación estándar y coeficiente de variación. Se obtienen las relaciones de varianza entre las subpoblaciones de altos y bajos rendimientos de cada relación de nutrimentos. La selección de la norma DRIS se realizará con base en la expresión de nutrimentos, por ejemplo N/P y P/N, que alcance la relación de mayor varianza. La media y el coeficiente de variación (C.V.) de la población de alto rendimiento se usa como la norma de referencia. La función para comparar los datos analíticos con los de la norma es:

$$F(A/B) = [(A/B \text{ dato} - A/B \text{ norma}) / A/B \text{ datos}] * 1.000 / C.V.$$

El calculo para determinar el indice especifico de cada nutrimento se obtiene a partir de la funciones en las que interviene:

$$IA = [F(A/B) + F(A/C) + F(A/D) - F(E/A)] / 4$$

Donde:

A, B, C, D, E es la concentración del nutrimento.

Las funciones donde el elemento del cual se está calculando el índice está en el numerador aparecen con signo positivo, y en las que está en el denominador con signo negativo.

❖ DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL COMPUESTO (CND)

Para la obtención de la norma CND, se utilizó la subpoblación de alto rendimiento utilizada para las normas DRIS del banco de datos obtenido por Martínez (1999). El primer paso fue calcular el valor del relleno (R):

$$R = 1 - N/100 - P/100 - K/100 - Ca/100 \dots$$

$$\text{Donde: } N + P + K + Ca + \dots + R = 100\%$$

El siguiente paso fue la obtención del parámetro G (relacionado con la composición global de todos los nutrientes que se consideran según la expresión de la norma) como:

$$G = (N/100 * P/100 * K/100 * Ca/100 * R)^{1/5}$$

A partir de los valores de cada elemento y de G, se obtuvo la relación V_a de la norma para cada elemento. Por ejemplo:

$$V_a = \ln(N/G)$$

Por último, se hizo la comparación de V_a de la norma con V_A de la muestra problema para cada elemento para lo cual fue necesario conocer la desviación estándar (S) de la norma, ejemplo:

$$IN = (V_A - V_a) / S_a$$

Una vez que se obtuvieron las normas y los índices nutrimentales con los tres métodos de diagnóstico estos se compararon.

Los resultados obtenidos en laboratorio fueron sometidos a un análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de medias (Tukey $\alpha = 0.05$) para evaluar la dinámica nutrimental en el desarrollo.

6. RESULTADOS

6.1 DINÁMICA NUTRIMENTAL

El contenido de nitrógeno, para *Alstroemeria híbrida* no muestra diferencias significativas ($\alpha= 0.05$) entre ninguna de las cuatro etapas de desarrollo. Tampoco se encontraron diferencias estadísticas cuando se evaluó la dinámica entre las hojas jóvenes y adultas (Fig. 3).

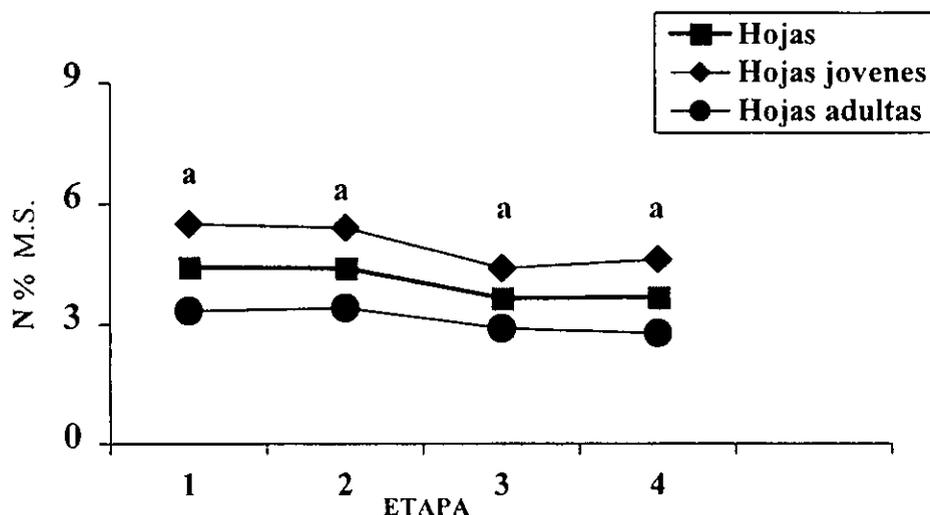


Figura 3. Dinámica de N en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa en condiciones de hidroponía.

En la figura 4 se presenta la dinámica del fósforo a lo largo de su desarrollo, se puede observar que el contenido en las hojas jóvenes son constantes en las cuatro etapas, en las hojas adultas se muestran pequeñas variaciones sin embargo no son significativas ($\alpha= 0.05$).

Por otra parte, el potasio tampoco presenta diferencias en su el contenido a lo largo de su desarrollo, sin embargo a diferencia de lo que se observa en las figuras 3 y 4 su contenido es menor en las hojas jóvenes aunque no son significativos estadísticamente (Fig. 5).

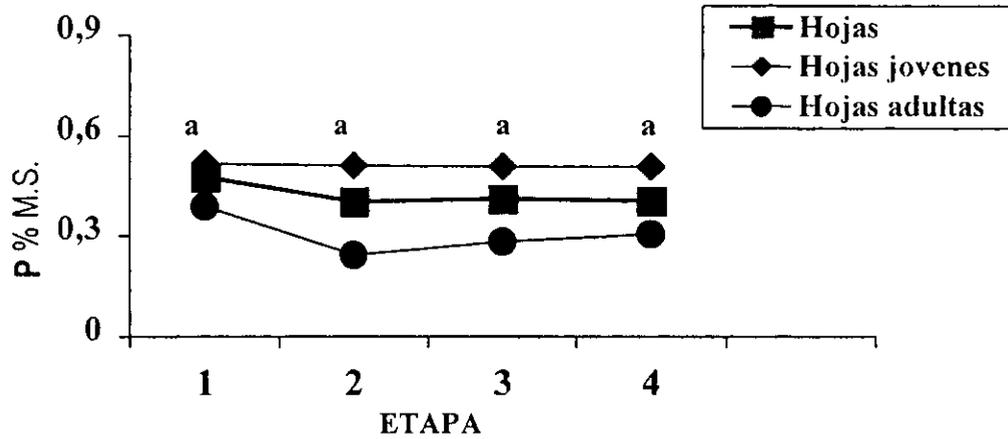


Figura 4. Dinámica del P en *Alstroemeria hybrida* cv. Mona-Lisa bajo condiciones de hidroponía.

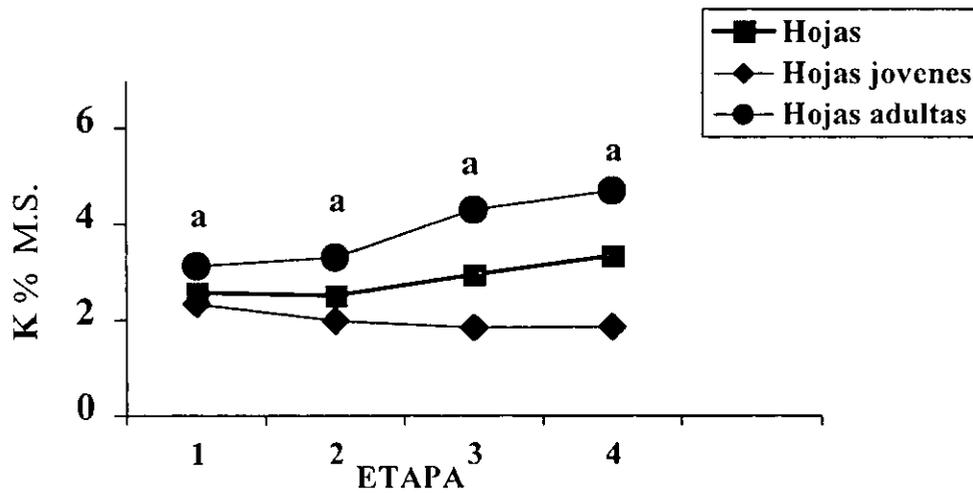


Figura 5. Dinámica del K en *Alstroemeria hybrida* cv. Mona-Lisa bajo condiciones de hidroponía.

En la figura 6 y 7 se presenta la distribución de Ca y Mg respectivamente. En estas gráficas se puede observar que el contenido de los dos elementos no cambia a lo largo de su desarrollo, tampoco se encontraron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre las hojas jóvenes y adultas.

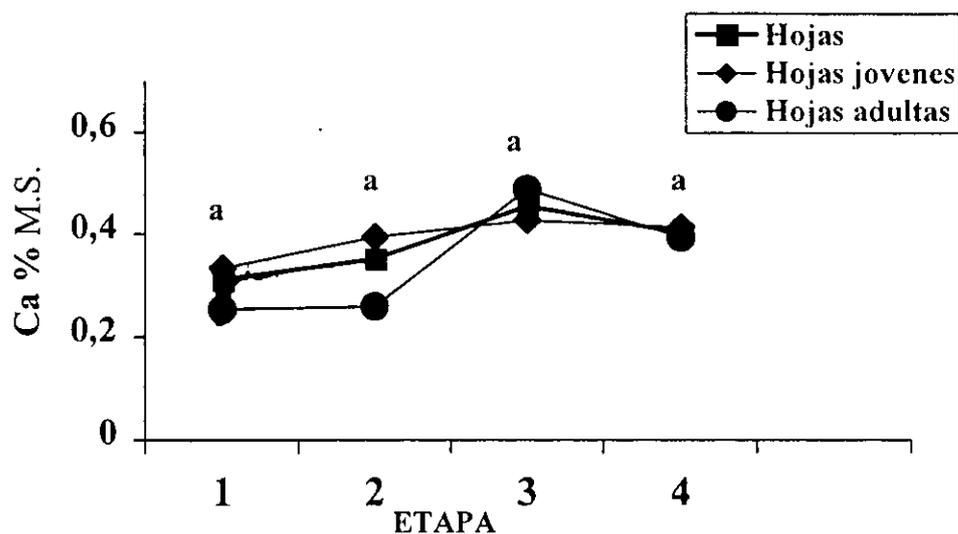


Figura 6. Dinámica del Ca en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa bajo condiciones de hidroponía.

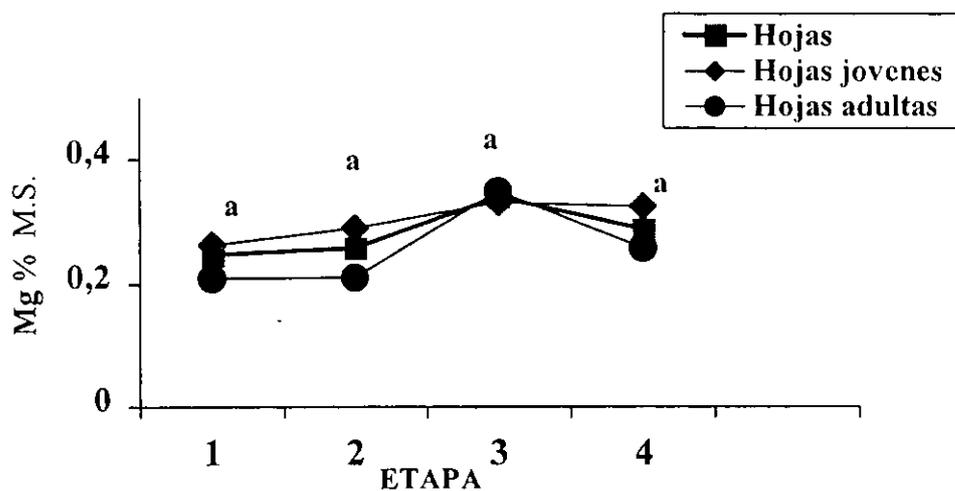


Figura 7. Dinámica del Mg en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa bajo condiciones de hidroponía.

El comportamiento del B en las hojas de *Alstroemeria* cv. Mona-Lisa no muestra diferencias estadísticamente a lo largo de su desarrollo, también se puede observar que el contenido de este elemento es muy similares en las hojas jóvenes y adultas (8).

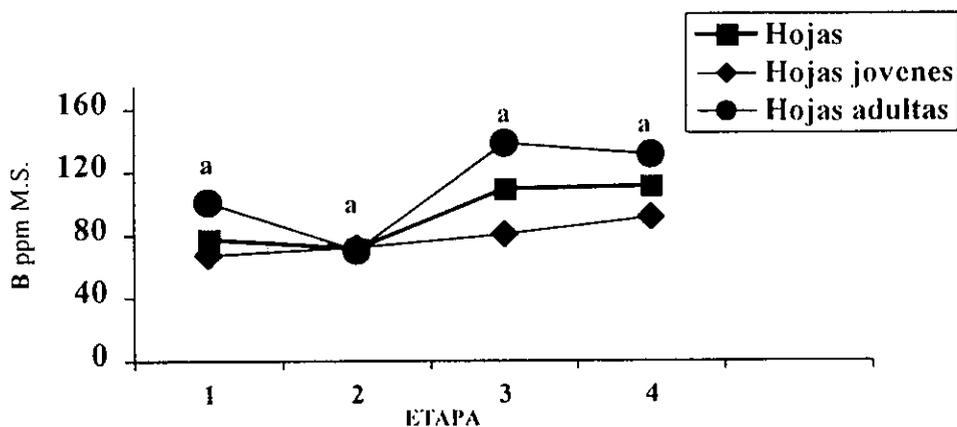


Figura 8. Dinámica del B en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa bajo condiciones de hidroponía.

En la figura 9 se presenta la dinámica nutrimental del cobre, se puede observar que el contenido a lo largo del desarrollo de la planta o por la edad de las hojas no varía, esto concuerda con el análisis estadístico el cual no muestra cambios significativos ($\alpha = 0.05$).

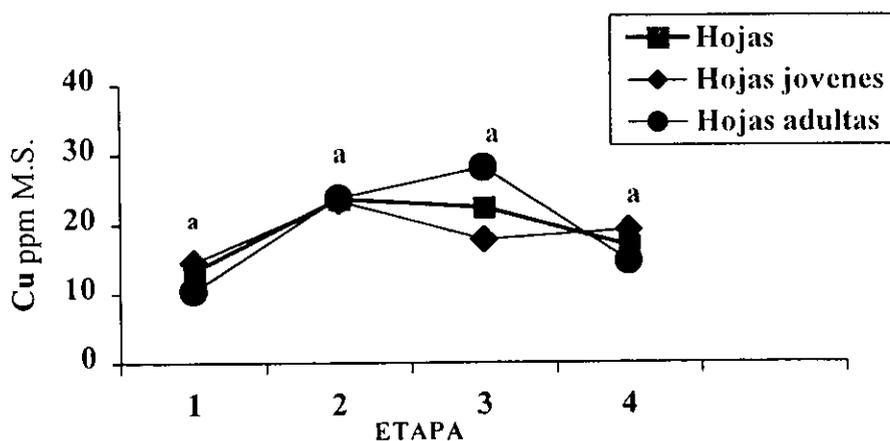


Figura 9. Dinámica del Cu en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa bajo condiciones de hidroponía.

En la figura 10 y 11 se presenta la distribución del Mn y el Fe respectivamente, como se puede observar su comportamiento es muy irregular, sin embargo no hay diferencias estadística. La concentración de estos dos elementos no cambia tampoco cuando se compara por etapas o por edad de las hojas.

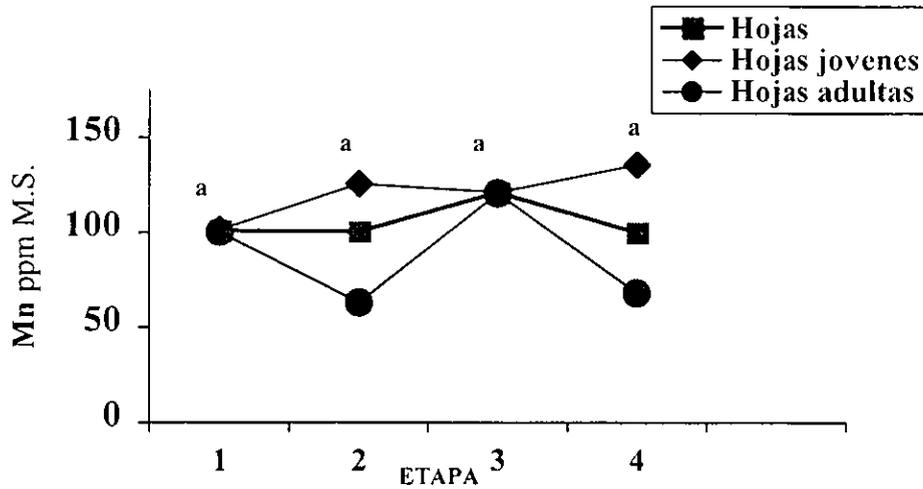


Figura 10. Dinámica del Mn en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa bajo condiciones de hidroponía.

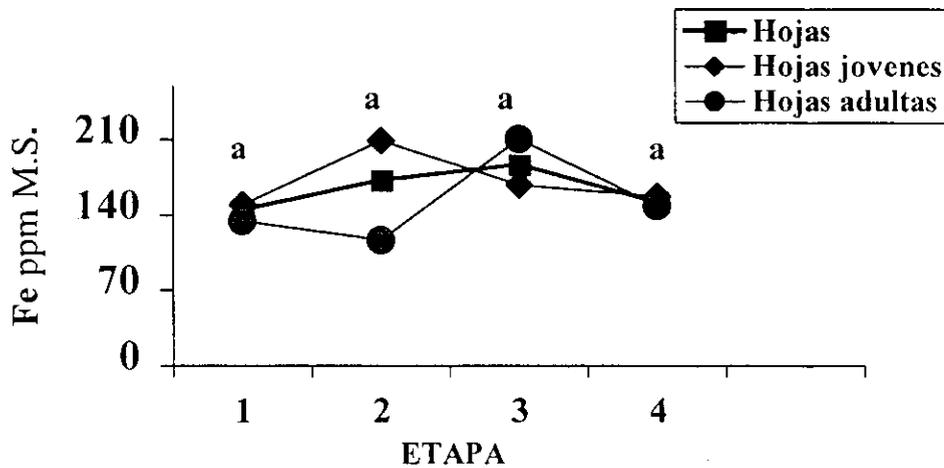


Figura 11. Dinámica del Fe en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa bajo condiciones de hidroponía.

El contenido del Zn cambia significativo ($\alpha= 0.05$) entre las cuatro etapas de desarrollo, tampoco se encontraron diferencia estadísticas entre las hojas jóvenes y adultas.

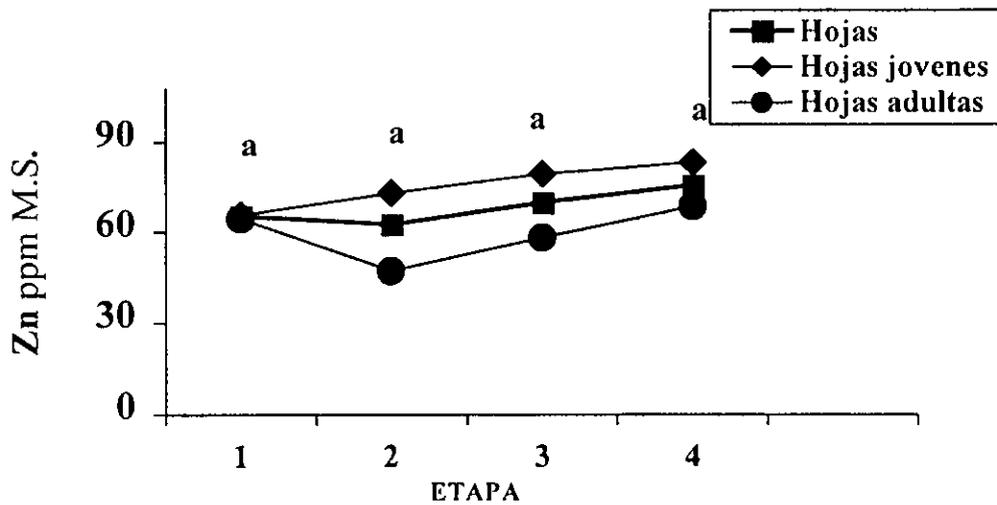


Figura 12. Dinámica del Zn en *Alstroemeria hybrida* cv. Mona-Lisa bajo condiciones de hidroponía.

6.2. DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL

6.2.1. NORMAS NUTRIMENTALES

En el cuadro 3 se presentan los rangos óptimos de concentración nutrimental para *Alstroemeria sp.* (Jones, 1991). Por otra parte, en el cuadro 4 se presenta las normas obtenidas del banco de datos de Martínez (1999) para el cálculo de los índices DOP, los cuales se obtuvieron para cinco macronutrientes y cinco micronutrientes, de un total de 45 observaciones sin tomar en cuenta su productividad.

Cuadro 3. Rango de suficiencia nutrimental para *Alstroemeria sp.* (Jones et al., 1991).

ELEMENTO	BAJO	SUFICIENTE	ALTO
N (%)	3.20-3.69	3.70-5.60	>5.60
P (%)	0.21-0.29	0.30-0.75	>0.75
K (%)	3.00-3.69	3.70-4.80	>4.80
Ca (%)	0.40-0.59	0.60-1.50	>1.50
Mg (%)	0.15-0.19	0.20-0.50	>0.50
B (ppm)	10-12	13-50	>50
Cu (ppm)	2-3	4-50	>50
Fe (ppm)	100-149	150-300	>300
Mn (ppm)	40-49	50-200	>200

Cuadro 4. Normas obtenidas del banco de datos de Martínez (1999) para el cálculo de los índices DOP en *Alstroemeria híbrida cv. Mona-Lisa*.

NUTRIMENTO	NORMA (MEDIA) %	NUTRIMENTO	NORMA (MEDIA) ppm
N	2.6267	Cu	57.468
P	0.389	Fe	152.906
K	3.337	B	109.670
Ca	1.0509	Mn	73.419
Mg	0.279	Zn	68.233

Por otro lado, en el cuadro 5 se presentan los datos necesarios para obtener los índices DRIS donde se utilizan como referencia la media y el coeficiente de variación, de las relaciones de los elementos que obtuvieron la mayor varianza de la población de alto rendimiento.

Las normas obtenidas para el cálculo de los índices CND se obtuvieron de un total de 17 observaciones de alto rendimiento. La media, el coeficiente de variación y la desviación estándar se usan como normas de referencia para el cálculo de los índices CND (Cuadro 6).

Cuadro 5. Normas obtenidas del banco de datos de Martínez (1999) para el cálculo de los índices DRIS en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa.

EXPRESION NUTRIMENTOS*	NORMA MEDIA	C.V. (%)	EXPRESION NUTRIMENTOS*	NORMA MEDIA	C.V. (%)
N/P	9.1844	38.3657	Fe/B	1.2634	23.3372
N/K	0.8067	27.0178	Mg/N	0.1081	18.6168
N/B	0.0235	23.4256	Mg/P	0.9639	43.0589
N/Ca	2.6866	26.4461	Mg/K	0.0898	31.6260
N/Fe	0.0175	29.0024	Mg/B	0.0023	12.4579
N/Zn	0.0385	29.0195	Mg/Ca	0.2660	16.8966
P/K	0.1472	153.7363	Mg/Fe	0.0018	32.4768
Ca/P	3.8754	43.1552	Mg/Zn	0.0042	34.1610
Ca/K	0.3509	43.4862	Mn/N	29.0701	24.9829
Ca/B	0.0097	10.0233	Mn/P	239.2567	45.6597
Ca/Fe	0.0068	45.2731	Mn/K	23.0169	36.7251
Ca/Mn	0.0139	22.2163	Mn/B	0.6667	9.8959
B/P	388.9603	43.9336	Mn/Cu	1.2291	41.3846
B/K	36.7042	44.2493	Mn/Fe	0.5011	31.7373
Cu/P	214.4925	54.5257	Mn/Zn	1.1735	38.1966
Cu/K	17.9717	29.0616	Zn/P	232.1961	46.2168
Cu/B	0.6178	40.7610	Zn/K	22.0395	42.9449
Cu/Ca	67.2603	46.5350	Zn/B	0.5507	32.6087
Cu/Fe	0.4192	48.3279	Zn/Ca	60.3018	27.8858
Cu/Mg	200.3490	43.9641	Zn/Cu	1.3205	45.4524
Fe/P	473.4003	46.2945	Zn/Fe	0.4736	27.9664
Fe/K	48.4911	45.7839			

*macronutrientes expresados en % y micronutrientes en ppm.

Cuadro 6. Normas obtenidas del banco de datos de Martínez (1999) para el cálculo de los índices CND en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa

NUTRIENTE	NORMA (MEDIA) %	C.V. (%)	Desviación estándar	NUTRIENTE	NORMA (MEDIA) %	C.V. (%)	Desviación estándar
N	2.578	10.13	0.261	Cu	0.006	39.77	0.002
P	0.513	130.56	0.670	Fe	0.016	31.84	0.005
K	3.511	30.29	1.063	B	0.011	20.07	0.002
Ca	1.060	26.78	0.284	Mn	0.007	25.57	0.002
Mg	0.274	20.46	0.056	Zn	0.007	21.05	0.001

6.2.2. ÍNDICES NUTRIMENTALES

Al interpretar los datos analíticos obtenidos para la *Alstroemeria* híbrida cv. Mona-Lisa con la norma convencional (Jones *et al.*, 1991), se encuentran deficiencias de nitrógeno y fósforo en las hojas adultas. En el caso del potasio y calcio se presentan deficiencias tanto en hojas adultas como en las hojas jóvenes. El Boro, por otro lado, presenta cantidades excesivas en ambos tipos de hojas, mientras que para las cantidades encontradas de Cu, Mg y Mn son suficientes. Para el Fe, en las hojas jóvenes las concentraciones son suficientes, sin embargo en las hojas adultas se presentan deficiencias. En el caso de Zinc este no se reporta (Cuadro 7a y 7b).

Cuadro 7a. Resultados del diagnóstico convencional de acuerdo a Jones *et al.* (1991) para *Alstroemeria sp* en hojas jóvenes.

ETAPA	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm
PRIMERA	5.502 S	0.516 S	2.339 B	0.334 B	0.263 S	67.38 A	14.494 S	149.589 B	101.658 S
SEGUNDA	5.378 S	0.510 S	1.979 B	0.395 B	0.290 S	72.149 A	23.409 S	209.222 S	125.259 S
TERCERA	4.378 S	0.508 S	1.854 B	0.426 B	0.331 S	80.565 A	17.807 S	167.431 S	120.825 S
CUARTA	4.569 S	0.508 S	1.864 B	0.413 B	0.325 S	91.654 A	19.140 S	156.798 S	135.455 S

S = suficiente, B = bajo, A = alto.

Cuadro 7b. Resultados del diagnóstico convencional de acuerdo a Jones *et al.* (1991) para *Alstroemeria sp* en hojas adultas.

ETAPA	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	B ppm	Cu Ppm	Fe ppm	Mn ppm
PRIMERA	3.333 B	0.389 S	3.124 B	0.253 B	0.209 S	101.111 A	10.390 S	134.632 B	99.788 S
SEGUNDA	3.404 B	0.244 B	3.315 B	0.285 B	0.210 S	70.479 A	23.864 S	117.089 B	63.194 S
TERCERA	2.909 B	0.285 B	4.297 S	0.488 B	0.350 S	138.512 A	28.183 S	210.704 S	120.674 S
CUARTA	2.785 B	0.306 S	4.699 S	0.393 B	0.257 S	131.208 A	14.753 S	148.284 B	67.779 S

S = suficiente, B = bajo, A = alto.

En el caso de los índices DOP las hojas que presentaron una mayor cantidad de deficiencias son las adultas, ya que de los diez elementos que se analizaron ocho de estos son limitantes, sobre todo para las dos primeras etapas de desarrollo (Cuadro 8b).

Los elementos que presentan mayor deficiencia tanto en hojas jóvenes adultas son el Ca y el Cu sin importar la etapa de desarrollo en la que se encuentren. En el caso de las hojas adultas los elementos que son suficientes son el N en todas las etapas y el Mn en las primeras tres etapas de desarrollo; el K y el B en las dos primeras etapas son limitantes, sin embargo, estas se recuperan hacia la tercera y cuarta etapa (Cuadro 8a y 8b).

En el caso de las muestras de hojas adultas el Ca, Cu, B y K son los elementos limitantes a lo largo de su desarrollo, mientras que el Fe Mg y Zn sólo son limitantes en la primer etapa (Cuadro 8b).

Los índices obtenidos a partir del diagnóstico DRIS, al igual que lo obtenido con los índices DOP reflejan que los dos elementos que son limitantes tanto para las hojas jóvenes como para las adultas son el Ca y el Cu en todas las etapas. Por otra parte el K sólo es limitante en las tres primeras etapas del desarrollo de las hojas jóvenes (Cuadro 9a y 9b).

Sin embargo, con el índice DRIS no incluye al P, K, B, Fe, Mn y Zn como factores limitantes en las hojas adultas como lo muestra el DOP, posiblemente porque con el DRIS se consideran todos los nutrimentos en equilibrio (Cuadro 9b).

En el cuadro 10a se encuentran los índices obtenidos a partir de las normas CND, que refleja como factores limitantes al Cu, Ca, B y K en las cuatro etapas del desarrollo de la *Alstroemeria* en las muestras de hojas jóvenes.

El CND como el DRIS proponen una mejora de la nutrición de las hojas adultas en comparación con los índices DOP ya que no presentan tantos factores limitantes como este. El CND presenta como factores limitantes al Ca y al Cu en las cuatro etapas, sin embargo, a diferencia del DRIS también muestra al P como un factor limitante en las tres últimas etapas, mientras que el Zn sólo lo presenta en la tercer etapa de su desarrollo (Cuadro 10a y 10b).

Cuadro 8a. Índices DOP y orden de requerimiento nutrimental en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa cultivada en hidroponía bajo condiciones de invernadero para hojas jóvenes.

ETAPA	I N D I C E S D O P										ORDEN DE REQUERIMIENTO
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	Zn	
PRIMERA	109.47	32.632	-29.9	-68.218	-5.981	-74.779	-38.562	-2.169	38.462	-3.963	Cu>Ca>B>K>Mg>Zn>Fe>P>Mn>N
SEGUNDA	104.75	31.089	-40.7	-62.413	3.671	-59.266	-34.211	36.830	70.607	6.682	Ca>Cu>K>B>Mg>Zn>P>Fe>Mn>N
TERCERA	66.675	30.575	-44.4	-59.454	18.329	-69.014	-26.536	9.499	64.568	16.395	Cu>Ca>K>B>Fe>Zn>Mg>P>Mn>N
CUARTA	73.947	30.575	-44.1	-60.701	16.184	-66.694	-16.425	2.545	84.494	21.564	Cu>Ca>K>B>Fe>Mg>Zn>P>N>Mn

Cuadro 8b. Índices DOP y orden de requerimiento nutrimental en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa cultivada en hidroponía bajo condiciones de invernadero para hojas adultas.

ETAPA	I N D I C E S D O P										ORDEN DE REQUERIMIENTO
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	Zn	
PRIMERA	26.891	-0.0122	-6.38	-75.926	-25.290	-81.920	-7.8015	-11.951	35.915	-5.512	Cu>Ca>Mg>Fe>B>K>Zn>P>N>Mn
SEGUNDA	29.594	-37.283	-0.66	-72.881	-24.930	-58.474	-35.733	-23.424	-13.927	-31.230	Cu>Ca>P>B>Zn>Mg>Fe>K>Mn>N
TERCERA	10.749	-26.744	28.77	-53.564	25.121	-50.959	26.303	37.799	64.362	-14.730	Ca>Cu>P>Zn>N>Mg>B>K>Fe>Mn
CUARTA	6.0355	-21.346	40.82	-62.604	-8.126	-74.328	19.643	-3.022	-7.682	0.597	Cu>Ca>P>Mg>Mn>Fe>Zn>N>B>K

Cuadro 9a. Índices DRIS y orden de requerimiento nutrimental en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa cultivada en hidroponía bajo condiciones de invernadero para hojas jóvenes.

ETAPA	I N D I C E S D R I S										ORDEN DE REQUERIMIENTO
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	Zn	
PRIMERA	0.0837	0.0376	-0.0016	-0.0904	0.0147	-0.0833	-0.0278	0.0077	0.0466	0.0106	Ca>Cu>B>K>Fe>Zn>Mg>P>Mn>N
SEGUNDA	0.0628	0.0259	-0.0185	-0.0807	0.0126	-0.0475	-0.0351	0.0171	0.0529	0.0084	Ca>Cu>B>K>Zn>Mg>Fe>P>Mn>N
TERCERA	0.0461	0.0277	-0.0179	-0.0701	0.0250	-0.0657	-0.0214	0.0092	0.0500	0.0156	Ca>Cu>B>K>Fe>Zn>Mg>P>N>Mn
CUARTA	0.0585	0.0262	-0.0197	-0.0798	0.0206	-0.0623	-0.0112	0.0044	0.0571	0.0166	Ca>Cu>B>K>Fe>Zn>Mg>P>N>Mn

Cuadro 9b. Índices DRIS y orden de requerimiento nutrimental en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa cultivada en hidroponía bajo condiciones de invernadero para hojas adultas.

ETAPA	I N D I C E S D R I S										ORDEN DE REQUERIMIENTO
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	B	Fe	Mn	Zn	
PRIMERA	0.0457	0.0322	0.0250	-0.1235	0.0081	-0.1107	0.0418	0.0142	0.0534	0.0201	Ca>Cu>Mg>Fe>Zn>K>P>B>N>Mn
SEGUNDA	0.0418	0.0076	0.0195	-0.0776	0.0097	-0.0254	0.0032	0.0044	0.0155	0.0021	Ca>Cu>Zn>B>Fe>P>Mg>K>Mn>N
TERCERA	0.0057	0.0002	0.0153	-0.0647	0.0168	-0.0358	0.0254	0.0165	0.0306	-0.0054	Ca>Cu>Zn>P>N>K>Fe>Mg>B>Mn
CUARTA	0.0172	0.0117	0.0361	-0.0711	0.0103	-0.0764	0.0473	0.0115	0.0071	0.0128	Cu>Ca>Mn>Mg>Fe>P>Zn>N>K>B

Cuadro 10a. Indices CND y orden de requerimiento nutrimental en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa cultivada en hidroponía bajo condiciones de invernadero para hojas jóvenes.

ETAPA	I N D I C E S										ORDEN DE REQUERIMIENTO		
	N	P	K	Ca	Mg	C	N	D	Cu	B		Fe	Mn
PRIMERA	3.853	0.378	-0.149	-3.193	3.695	-492.484	-121.721	31.694	295.512	119.787	Cu>B>Ca>K>P>Mg>N>Fe>Zn>Mn		
SEGUNDA	3.309	0.183	-0.418	-3.023	3.310	-339.049	-143.937	73.415	342.568	110.187	Cu>B>Ca>K>P>N>Mg>Fe>Zn>Mn		
TERCERA	2.643	0.224	-0.449	-2.645	6.234	-442.086	-81.944	36.535	340.310	190.447	Cu>B>Ca>K>P>N>Mg>Fe>Zn>Mn		
CUARTA	2.709	0.186	-0.468	-2.844	5.454	-422.180	-36.794	18.954	387.047	202.581	Cu>B>Ca>K>P>N>Mg>Fe>Zn>Mn		

Cuadro 10b. Indices CND y orden de requerimiento nutrimental en *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa cultivada en hidroponía bajo condiciones de invernadero para hojas adultas.

ETAPA	I N D I C E S										ORDEN DE REQUERIMIENTO		
	N	P	K	Ca	Mg	C	N	D	Cu	B		Fe	Mn
PRIMERA	2.302	0.100	0.214	-3.833	1.309	-593.432	97.284	29.893	336.267	173.632	Cu>Ca>P>K>Mg>N>Fe>B>Zn>Mn		
SEGUNDA	2.659	-0.488	0.338	-3.159	2.684	-208.245	-28.632	16.905	133.927	7.937	Cu>B>Ca>P>K>N>Mg>Zn>Fe>Mn		
TERCERA	0.747	-0.767	0.260	-2.471	5.688	-283.275	116.767	64.215	294.148	-78.009	Cu>Zn>Ca>P>K>N>Mg>Fe>B>Mn		
CUARTA	1.225	-0.410	0.502	-2.640	3.184	-487.330	166.630	28.919	79.248	147.319	Cu>Ca>P>K>N>Mg>Fe>Mn>Zn>B		

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1. DINÁMICA NUTRIMENTAL

El realizar la estadística para evaluar la dinámica nutrimental de los elementos en las hojas de *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa cultivada bajo el sistema Hidropónico en invernadero, a lo largo de un mes de su desarrollo no se encontraron diferencias estadísticas, debido posiblemente a que la producción de tallos en la planta es constante y su crecimiento es activo, por lo que seguramente los nutrimentos que absorbe la planta son utilizados constantemente.

7.2 DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL

El elemento limitante en el crecimiento de la *Alstroemeria* cv. Mona-Lisa que coincide con lo observado en los cuatro métodos de diagnóstico nutrimental (método convencional publicados por Jones *et al.*, (1999), DOP, DRIS y CND), es el calcio esto debido seguramente a las altas temperaturas (30-40°C) que se presentaron en el invernadero durante el tiempo de estudio. Sánchez (1998) menciona que a partir de los 28°C los cultivos presentan problemas para asimilar el Ca, observa que el calcio absorbido aumenta al incrementarse la transpiración aunque no en la misma proporción ya que en este caso sólo se duplica la cantidad de Ca absorbido, indicándonos con esto que una gran proporción se acumula en el sistema radicular.

Entre las características morfológicas que se presentan en la planta por deficiencia del calcio son: color blanquecino o verde opaco de las hojas basales, las cuales se ondulan y se doblan por el eje central (Sánchez y Martínez, 1999). Mientras que para los diagnósticos por DOP, DRIS y CND el cobre es un factor limitante para él diagnóstico tradicional no es deficiente, esto se pudo deber quizá a que el valor indicado por los métodos dinámicos es algo elevado con relación a lo sugerido por Jones *et al.* (1991).

Por otro lado, la deficiencia del boro presenta clorosis inicial en el meristemo de los tallos en desarrollo y finaliza con su necrosamiento. Los métodos DOP, DRIS y CND reflejan deficiencias de boro en el desarrollo de la planta sobre todo en las hojas jóvenes del cultivo. Sin embargo, para las normas publicadas por Jones *et al.* (1991), este elemento se presenta en contenidos elevados. Esto al igual que lo encontrado con el cobre, posiblemente se debe a que su contenido es mucho mayor en las normas obtenidas a partir de los datos de Martínez (1999) para la *Alstroemeria* cv. Mona-Lisa en condiciones de hidroponía, que para los datos obtenidos de las normas convencionales.

Además, se ha observado que las cantidades de B y Ca son menores en monocotiledóneas que en las dicotiledóneas, esto debido seguramente al menor contenido de material péctico en la pared celular en las gramíneas.

Otro elemento que refleja deficiencias en el cultivo es el potasio, que deficiencias se presentan en las hojas jóvenes y las manifiestan tanto el diagnóstico convencional, así como los diagnósticos mediante DOP, DRIS y CND. Sin embargo, tanto para el método convencional de diagnóstico como para el DOP el K^+ también es deficiente en las hojas adultas (en las dos últimas etapas), debido posiblemente a que este tipo de diagnóstico es estático y no toma en cuenta el equilibrio que existe entre los nutrimentos como lo hacen los diagnósticos (DRIS y CND). El DOP y CND así como el método convencional incluyen además al fósforo como un elemento deficiente en las hojas adultas.

En el caso del método de diagnóstico convencional también muestran al nitrógeno como un elemento deficiente para las hojas adultas mientras que para los otros métodos de diagnóstico este elemento no es un factor limitante. Esto seguramente se debe a que en los métodos dinámicos, el nitrógeno está bien equilibrado con el resto de los nutrientes, ya que para el DRIS como para el CND el rendimiento del cultivo se relaciona adecuadamente con la sumatorio de todos los nutrientes y componentes del material vegetativo implicados en la nutrición de la planta (Cadahia y col., 1998).

Otros elementos que marcan como deficientes los métodos de diagnóstico estático son el fierro y zinc en el caso del DOP ya que por el método convencional no existe información al respecto. La diferencia entre los métodos de diagnóstico dinámicos en comparación a los estáticos, es que para los primeros un buen balance es más importante a la hora de obtener una elevada producción que mantener cada nutriente individual en un nivel adecuado como ocurre con los métodos estáticos (Cadahia y col.,1998).

Para los métodos de dinámico (DRIS y CND) el equilibrio entre los nutrimentos es más importante para una buena predicción en la producción de los cultivos. En estado nutrimental de la *Alstroemeria híbrida* en el evaluado en el presente trabajo, lo que se observo es existe un claro desbalance nutrimental de K, B, Ca y Cu principalmente en las hojas jóvenes mostrando índices negativos, indicando con ello que estos elementos se encuentran deficientes.

Respecto de la elaboración de las normas DRIS y DOP las dificultades que se presentan son principalmente la colección de un banco de datos confiables y el conocer la producción del cultivo ya que sin esta información no es posible diseñar las normas. Cuando no se tienen datos acerca de la producción del cultivo es recomendable el DOP o ir directamente a las tablas propuestas por Jones *et al.* (1991).

Una de las dificultades que se presentan para la interpretación del análisis foliar en las normas DRIS es la gran cantidad de cálculos que se deben realizar, ya que de tres funciones para tres elementos se puede incrementar a 79 funciones para 13 elementos, lo que complica su utilización. Además se cuenta con muy pocas normas DRIS, y sólo para algunos elementos, a pesar de que este método se basa en el balance global de todos los nutrimentos.

En el caso del diagnóstico CND, a pesar de que son pocas las normas que existen, estas son mucho más fáciles de elaborar y confiables, además busca el equilibrio entre los nutrimentos.

8. CONCLUSIONES

- ◆ No se observaron diferencias significativas en la dinámica nutrimental de la *Alstroemeria* híbrida cv. Mona-Lisa bajo condiciones de invernadero.
- ◆ El calcio fue el elemento limitante en el crecimiento de la *Alstroemeria* Híbrida cv. Mona-Lisa reflejado por los cuatro métodos de diagnóstico empleados.
- ◆ Existe un claro desbalance nutrimental de Ca, K, B y Cu principalmente en las hojas jóvenes mostrando por los índices DRIS y CND.
- ◆ Los métodos estáticos presentaron un mayor número de deficiencias seguramente porque no consideran el balance nutrimental.
- ◆ El método de diagnóstico más sencillo y además confiable es el CND.
- ◆ Estadísticamente no se encontraron diferencias en las etapas de desarrollo de la *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa.

9. BIBLIOGRAFIA

- ◆ Alcántar G.G., Sandoval V.M. 1999. **Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal**. Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo, A.C., Chapingo, Edo. de México, pp 1-31.
- ◆ Baca C.G.A. 1983. **Efectos 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 de Doctorado en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México.
- ◆ Cadahia C., Abad M., Castillo N., López D.// (1998). **Fertirrigación, Cultivos Hortícolas y Ornamentales**. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, pp.213-245.
- ◆ Fuentes Y.J.L. 1989. **El Suelo y los Fertilizantes**. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, pp.113-118.
- ◆ Healy W.E., Wilkins F. 1979. **Effect of Soil Temperature and Photoperiod on Vegetative and Reproductive Growth of *Alstroemeria* "Regina"**. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104(3):359-365.
- ◆ Healy W.E., Wilkins F. 1984. ***Alstroemeria* Culture**. Grower Talkson Crep Culture pp.8-10
- ◆ Healy W.E., Wilkins F. 1982. **Responses of *Alstroemeria* "Regina" to Temperature Treatments Prior To Flower-inducing Temperatures**. Scientia Horticulturae, 17:383-390.
- ◆ Healy W.E., Wilkins F. 1985a. ***Alstroemeria***. 419-424. In A.H. Halevy (ed.). Handbook of flowering. Vol.1. CRC Press, Boca Raton, Fla.
- ◆ Healy W.E., Wilkins F. 1985b. ***Alstroemeria* Culture**. Minessota State Florist´Bulletin. Vol. 33(3).
- ◆ Healy W.E., Wilkins F. 1986. **Influence of Ligh Treatments Before and After Induction Treatment on Flowering of *Alstroemeria* 'Regina'**. Hort Science 21(6):1390-1392.

- ◆ Healy W.E., Wilkins F. 1991. **Alstroemeria Culture**. 8-10. In: D.J., Hamrick. GrowerTalks on Crop Culture by GRO J. Ball Publishing.
- ◆ Huterwal G.O. 1979. **Hidroponía**. Ed. Albatros, Buenos Aires, pp. 9-54.
- ◆ Jones J.B., Wolf B., Mills H.A. 1991. **Plant Analysis Handbook**. Macro-Macro Publishing, Inc. pp.132.
- ◆ Lara H.A.1998. **Solución Nutritiva para cuatro etapas fenológicas del Jitomate**. Tesis de Doctorado en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México.
- ◆ Larson R.A. 1988. **Introducción a la Floricultura**. AGT EDITOR, S.A., Carolina del Norte. Primera Edición en Español.
- ◆ Leszczyńska-Borys H. 1990a. **Cultivo de Alstroemeria**. Ed. UPAEP, Serie: Manuales de Horticultura Ornamental, Vol 1. Puebla, Puebla.
- ◆ Leszczyńska-Borys H. 1990b. **Introducción a la Horticultura Ornamental**. Ed. UPAEP, Serie: Manuales de Horticultura Ornamental, Vol 2. Puebla, Puebla
- ◆ Lové A. 1988. **Microelementos en Agricultura**. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, pp. 13-21.
- ◆ Martín R.P. 1985. **La Planta Viviente**. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., México, pp. 129-139.
- ◆ Martínez B.M. 1999. **Estudio nutrimental de *Alstroemeria* híbrida bajo condiciones de hidroponía**. Tesis de Maestría en el Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México.
- ◆ Nuñez M.J.H. 1987. **Evaluación del método DRIS para la determinación del estado nutrimental del cultivo del Aguacate (*Persea americana MILL*) cv. Fuerte**. Tesis para obtener el grado de M.en C. En el Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México.
- ◆ Palacio, M.V. 1995. **Generación de normas DRIS y su eficiencia en el Diagnóstico Nutrimental del Mango *Mangifera indica* L. en la zona sur de**

México. Tesis para obtener el grado de M.en C. En el CP, Montecillos, Edo. de México.

- ◆ Parent, L.E., Poirier M., Asselin A. 1995. **Multinutrient diagnosis of nitrogen status in plants**. Journal of Plant Nutrition, 18(5), p.p.1013-1025.
- ◆ Pérez G.F., Martínez-Laborde J.B. 1994. **Introducción a la Fisiología Vegetal**. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, pp. 51-60.
- ◆ Quintero, R.M., Espinosa V.D., Quintero L.R., Ferrera-Cerrato R. 1991. **Evaluación del efecto de la endomicorriza (V-A) en la nutrición de maíz mediante el método DRIS**. Memorias XXIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Pachuca, Hidalgo, México.
- ◆ Resh H.M. 1992. **Cultivos Hidroponicos**. Ediciones Mundi-Prensa, 3er. Edición, Madrid, pp. 23-83.
- ◆ Rojas G.M., Rovalo M. 1985. **Fisiología Vegetal Aplicada**. Ed. McGraw-Hill, 3er. Edición, México, pp. 131-141.
- ◆ Rodríguez S.F. 1996. **Fertilizantes**. AGT Editor S.A., México, pp. 11-52.
- ◆ Sánchez G.P., Martínez B.N. 1998. **Curso de Nutrición Vegetal I**. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México.
- ◆ Sánchez G.P., Martínez B.N. 1999. **Nutrición Mineral de Alstroemeria**. Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo, A.C., Chapingo, Edo. de México, p.p 1-31.
- ◆ Sánchez D.C.F., Escalante, R.E. 1981. **Hydroponía, Principios y Métodos de Cultivos**. Grupo Editorial Gaceta, México, pp. 11-95.
- ◆ Simpon, K. 1986. **Abonos y Estiercoles**. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España, pp.11-63.
- ◆ Steiner A.A. 1961. **A Universal Method for Preparing Nutrient Solution of a Certain Desired Composition**. Plant and Soil XV:134-154.
- ◆ Steiner A.A. 1968. **Soilles culture**. Proceedings of the 6th colloquium of the International potash Institute. Florence, Italy. Publishrd by: Inst. berne, Switzerland. pp:324-341.

- ◆ Sumner M.E. 1986. **Diagnosis and Recommendation integrated System (DRIS) as a guide to orchard fertilization.** Extension Bulletin No. 231. Department of Agronomy, University of Georgia. Athens. Pp. 1-21.
- ◆ Tijerina C.L.1998. **Requerimientos Hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación.** 1er. Simposio Nacional Sobre Nutrición de Cultivos, 22.
- ◆ Torres, Q.R. 1999. **Dinámica Nutricional, producción y calidad en cebolla cv contessa, bajo condiciones de fertirriego por goteo.** Tesis de Maestría en el Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México.
- ◆ Valenzuela S.C., Cortés F.J.I., Turrent F.A., Rodríguez A.J. 1991. **Estado nutricional del ciruelo japonés "Ciruelo de Mayo" en área del Plan de Puebla.** Agrocencias serie **agua-suelo-clima**, Vol.2, Num.3, p.p.97-107.
- ◆ Vergara S.MA. 1992. **Conceptos básicos sobre análisis foliar y su interpretación (DRIS).** Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. pp: 1-29.
- ◆ Warmenhove M. 1990. **Crop on substrate respond differently. Oxygen shortage in the root environment has large effects.** Wakblad voor de Bloemisrerij. 45:54-55 CAB abstracts Colegio de Postgraduados.

10. APÉNDICE

Cuadro 11. Media, desviación estándar (S) y error estándar de la media (e.e.m.) de los análisis químicos para *Alstroemeria híbrida* cv. Mona-Lisa.

NITRÓGENO			
ETAPA	MEDIA	S	e.e.m.
(Hojas Jóvenes)			
1	5,502a	1,259	2,460
2	5,378a	0,560	2,405
3	4,378a	0,754	1,958
4	4,569a	0,141	2,043
ETAPA	MEDIA	S	e.e.m.
(Hojas Adultas)			
1	3,333a	0,666	1,491
2	3,404a	0,452	1,522
3	2,909a	0,565	1,301
4	2,785a	0,454	1,245
FÓSFORO			
ETAPA	MEDIA	S	e.e.m.
(Hojas Jóvenes)			
1	0,516a	0,170	0,143
2	0,510a	0,163	0,147
3	0,508a	0,133	0,141
4	0,508a	0,087	0,141
ETAPA	MEDIA	S	e.e.m.
(Hojas Adultas)			
1	0,389a	0,208	0,108
2	0,244a	0,183	0,107
3	0,285a	0,123	0,089
4	0,306a	0,135	0,085
POTASIO			
ETAPA	MEDIA	S	e.e.m.
(Hojas Jóvenes)			
1	2,339a	1,564	0,649
2	1,979a	1,363	0,549

3	1,854a	1,384	0,514
4	1,864a	1,524	0,617

ETAPA (Hojas Adultas)	MEDIA	S	e.e.m.
--------------------------	-------	---	--------

1	3,124a	0,594	0,866
2	3,315a	2,199	0,920
3	4,297a	1,679	1,192
4	4,699a	2,694	1,903

CALCIO

ETAPA (Hojas Jóvenes)	MEDIA	S	e.e.m.
--------------------------	-------	---	--------

1	0,334a	0,117	0,093
2	0,395a	0,138	0,110
3	0,426a	0,113	0,118
4	0,413a	0,065	0,115

ETAPA (Hojas Adultas)	MEDIA	S	e.e.m.
--------------------------	-------	---	--------

1	0,253a	0,070	0,080
2	0,285a	0,226	0,109
3	0,488a	0,314	0,135
4	0,393a	0,241	0,109

MAGNESIO

ETAPA (Hojas Jóvenes)	MEDIA	S	e.e.m.
--------------------------	-------	---	--------

1	0,263a	0,065	0,073
2	0,290a	0,092	0,081
3	0,331a	0,078	0,092
4	0,325a	0,025	0,090

ETAPA (Hojas Adultas)	MEDIA	S	e.e.m.
--------------------------	-------	---	--------

1	0,209a	0,065	0,058
2	0,210a	0,134	0,058
3	0,350a	0,149	0,097
4	0,257a	0,113	0,071

BORO			
ETAPA	MEDIA	S	e.e.m.
(Hojas Jóvenes)			
1	67,377a	27,154	18,687
2	72,149a	17,784	20,011
3	80,565a	23,455	22,345
4	91,654a	35,730	25,420

ETAPA	MEDIA	S	e.e.m.
(Hojas Adultas)			
1	101,111a	6,910	28,043
2	70,479a	33,376	19,547
3	138,512a	43,571	38,416
4	131,208a	113,678	36,391

COBRE			
ETAPA	MEDIA	S	e.e.m.
(Hojas Jóvenes)			
1	14,494a	7,316	4,020
2	23,409a	13,340	6,493
3	17,807a	8,260	4,939
4	19,140a	6,167	5,309

ETAPA	MEDIA	S	e.e.m.
(Hojas Adultas)			
1	10,390a	3,969	2,882
2	23,864a	19,643	6,619
3	28,183a	20,890	7,817
4	14,753a	10,663	4,092

HIERRO			
ETAPA	MEDIA	S	eem
(Hojas Jóvenes)			
1	149,589a	36,698	41,489
2	209,222a	62,293	58,028
3	167,431a	33,748	46,437
4	156,798a	21,949	43,488

ETAPA (Hojas Adultas)	MEDIA	S	e.e.m.
1	134,632a	21,882	37,340
2	117,089a	68,545	35,475
3	210,704a	70,666	58,439
4	148,284a	93,873	41,127

MANGANESO

ETAPA (Hojas Jóvenes)	MEDIA	S	e.e.m.
1	101,658a	27,804	28,195
2	125,259a	39,069	34,741
3	120,825a	27,592	33,511
4	135,455a	42,394	39,569

ETAPA (Hojas Adultas)	MEDIA	S	e.e.m.
1	99,788a	38,343	27,676
2	63,194a	44,626	26,527
3	120,674a	50,539	33,469
4	67,779a	47,609	28,798

ZINC

ETAPA (Hojas Jóvenes)	MEDIA	S	e.e.m.
1	65,529a	13,328	18,174
2	72,793a	15,487	20,189
3	79,420a	14,506	22,027
4	82,947a	8,820	23,005

ETAPA (Hojas Adultas)	MEDIA	S	e.e.m.
1	64,472a	26,202	17,881
2	46,922a	27,301	13,014
3	58,183a	23,846	16,137
4	68,641a	91,593	19,038

Letras iguales dentro de las columnas no son estadísticamente diferentes a $\alpha = 0.05$.