

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**FERTILIZACIÓN FOLIAR EN BASE A
MAGNESIO Y ZINC PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LILIES (*Lilium* spp.)**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

MARÍA DEL ROSARIO REYES ALEMÁN

COMITÉ DE TUTORES:

Dr. Omar Franco Mora. Tutor Académico

Dr. Edgar Jesús Morales Rosales. Tutor Adjunto

Dra. Delfina de Jesús Pérez López. Tutora Adjunta

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, Julio 2016.

FERTILIZACIÓN FOLIAR EN BASE A MAGNESIO Y ZINC PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LILIES (*Lilium* spp.)

MARÍA DEL ROSARIO REYES ALEMÁN

Presenta la siguiente investigación como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Director de Tesis, Dr. Omar Franco Mora, Laboratorio de Horticultura, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM. Tutores adjuntos: Dr. Edgar Jesús Morales Rosales y Dra. Delfina de Jesús Pérez López, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM.

RESUMEN

El magnesio y el zinc son micronutrientes que pueden modular algunas características agronómicas de plantas ornamentales. En cultivo bajo invernadero, se cuantificó la altura de planta (AP) e índice de verdor de hojas (IVH) de *Lilium* (*Lilium* spp.) cv. Acapulco fertilizada con una solución Steiner aumentada 40 veces (10 y 20 ml por maceta) al sustrato y tres dosis de fertilización foliar con Zn y Mg 0-0, 72-80 y 144-160 mg·litro⁻¹, respectivamente. Posteriormente, en *Lilium* 'Serrada' se experimentó con seis dosis de fertilización foliar, ya que se eligió a 10 ml de solución (40x) Steiner como base de fertilización al sustrato. En ambos cultivares se determinó en pre-cosecha, corte y postcosecha el IVH y AP y en la postcosecha diámetro de flor, color de tépalos y materia seca. En *Lilium* 'Acapulco', a partir de los 55 días de cultivo, la aplicación foliar de 144 mg·litro⁻¹ de Zn y de 160 mg·litro⁻¹ de

Mg aumentó AP y a la cosecha la planta fue 4 cm más alta con respecto al control; estas plantas presentaron mayor IVH a partir del día 63 de cultivo y al menos 3 unidades SPAD (US) más a cosecha, siempre en relación al control. A cosecha, las plantas fertilizadas con 10 ml de Steiner fueron 3 cm más altas y su IVH fue igual al de las plantas fertilizadas con 20 ml de Steiner. Para el segundo cultivar, a cosecha, 2 dosis de Zn y Mg superaron al control; la mayor altura de planta con menor dosis de nutrimentos fue 72 mg·litro⁻¹ de Zn y 160 mg·litro⁻¹ de Mg, con 9 cm de diferencia con respecto al control. En este cultivar no se generó diferencia para IVH. En postcosecha para ambos cultivares, las dosis de magnesio y zinc en los diferentes tratamientos no incidieron en las variables estudiadas.

PALABRAS CLAVE: calidad de corte, crecimiento, fotosíntesis, nutrición, sustrato.

IMPROVE OF LILIUM (*Lilium* spp.) QUALITY BY MAGNESIUM AND ZINC FOLIAR FERTILIZATION

María del Rosario Reyes Alemán

Research presented as a partial fulfillment to obtain the degree of Master of Science at the Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Principal advisor, Professor Omar Franco Mora Ph. D., Committee members, Professor Edgar Jesús Morales Rosales, Ph. D. Professor Delfina de Jesús Pérez López, Ph. D. e-mail: ofrancom@uaemex.mx

Magnesium (Mg) and zinc (Zn) are micronutrients that might module some agronomic characteristics of ornamental plants. Under greenhouse conditions, we determined plant height (PH) and leaves green index (LGI) of liliium (*Lilium* spp.) plants cv. Acapulco. Liliium were fertilized with 10 or 20 ml per pot of a Steiner solution augmented 40 times (40x) and three doses of foliar fertilization based on Zn and Mg, that is 0-0; 72-80 and 144-160 mg·liter. Then, for liliium 'Serrada' it was applied 10 ml per pot of the Steiner solution 40x and 6 concentrations of Mg-Zn were tested. In both cultivars it was determined, in preharvest and postharvest, the LGI; at harvest, the LGI and PH; then, in postharvest the flower diameter, tepal color, and dry matter. In liliium 'Acapulco', after 55 days after sowing, foliar application with 144 and 160 mg·liter of Zn and Mg, respectively, increased PH, and at harvest plants were 4 cm higher with respect to control; The highest plants also had higher LGI since 63 days after sowing and presented at least 3 SPAD units more than control.

At harvest, those plants fertilized with 10 ml of Steiner 40x solution were 3 cm higher but the LGI was similar to that observed in the liliium fertilized with 20 ml of Steiner 40x. For the second cultivar, at harvest, 2 doses of Mg-Zn increased liliium quality in relation to control (0-0); the higher PH, i.e. 9 cm more than control, with the lower doses was after 72 and 160 mg-liter of Zn and Mg. For this last cultivar there was not differences on LGI. Finally, Mg and Zn, in both cultivars, did not affect postharvest performance.

Keywords: cut quality, growth, photosynthesis, nutrition, substrate.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Características botánicas.....	3
2.2. Necesidades climáticas.....	5
2.2.1. Luz.....	5
2.2.2 Temperatura.....	5
2.2.3. Humedad relativa.....	6
2.2.4. Suelo	6
2.3. Fertilización.....	6
2.3.1. Macronutrientes.....	9
2.3.2. Micronutrientes.....	11
2.3.2.1. Zinc.....	12
2.3.2.2. Magnesio.....	13
2.4. Soluciones nutritivas.....	15
2.4.1. Solución Steiner.....	15
2.5. Calidad en <i>Lilium</i>	16

	Pág.
2.5.1. Verdor de las hojas.....	16
2.5.2. Tamaño.....	17
2.5.2.1. Diámetro y altura del tallo	17
2.5.3. Número de flores.....	18
2.5.4. Color.....	18
2.5.5. Vida postcosecha.....	20
2.5.5.1. Días en florero.....	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1. Cv. Acapulco.....	25
3.1.1. Crecimiento.....	25
3.1.2. Unidades Spad.....	26
3.1.3. Corte.....	26
3.1.4 Postcosecha.....	28
3.1.5. Análisis estadístico.....	29
3.2. Cv. Serrada.....	29
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	31
4.1. Fase de crecimiento.....	31
Artículo: Influencia del magnesio y zinc en la altura de planta y verdor de hojas en <i>Lilium</i> (<i>Lilium</i> spp).....	33
4.2. Postcosecha.....	58
4.2.1. 'Acapulco'.....	58

	Pág.
4.2.1.1. Peso fresco.....	60
4.2.1.2. Unidades SPAD.....	60
4.2.1.3. Diámetro de flor.....	61
4.2.1.4. Materia seca.....	61
4.2.1.5. Color de tépalos.....	61
4.2.2. 'Serrada'	64
4.2.2.1. Peso fresco.....	66
4.2.2.2. Unidades SPAD.....	66
4.2.2.3. Diámetro de flor.....	66
4.2.2.4. Materia seca.....	67
4.2.1.5. Color de tépalos.....	67
5. CONCLUSIONES GENERALES.....	69
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Elementos esenciales en la nutrición y crecimiento de la planta.....	8
Cuadro 2. Solución Steiner aplicada al sustrato en cultivo de <i>Lilium</i>	24
Cuadro 3. Fertilización Steiner al sustrato y foliar de zinc y magnesio en <i>Lilium</i> 'Acapulco', en 2012.....	26
Cuadro 4. Fertilización foliar de zinc y magnesio en <i>Lilium</i> 'Serrada', en 2013.....	30
Cuadro 5. Efecto de la fertilización con solución Steiner, zinc y magnesio sobre unidades SPAD, diámetro de la flor, área foliar (cm ²) y materia seca en <i>Lilium</i> cv. 'Acapulco', días postcosecha.....	59
Cuadro 6. Efecto de la fertilización con solución Steiner, zinc y magnesio, sobre parámetros de color en la flor de <i>Lilium</i> cv. Acapulco en días postcosecha.....	63
Cuadro 7. Efecto de la fertilización con solución Steiner, zinc y magnesio sobre unidades SPAD, diámetro de la flor y materia seca en <i>Lilium</i> 'Serrada', días postcosecha.....	65
Cuadro 8. Efecto de la fertilización con solución Steiner, zinc y magnesio, sobre parámetros de color en la flor de <i>Lilium</i> cv. Serrada en días postcosecha.....	68

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Punto de corte, cuando el botón floral central estaba pigmentado (Franco <i>et al.</i> , 2009) y sin eclosionar las 2 primeras flores inferiores (Bañon <i>et al.</i> , 1993).....	27

1. INTRODUCCIÓN

Hay 26 estados de la República Mexicana que se dedican a la producción de flor y las entidades líderes son México con 55 mil 552 toneladas; Distrito Federal, 17 mil 364; Jalisco, ocho mil 565; Morelos, ocho mil 275, y Puebla, seis mil 102 toneladas. Del total de la producción nacional, 12 % se exporta (280 mil toneladas de flores de corte) y los principales mercados de compra son Estados Unidos y Canadá. Los tipos de flor que más se exportan son gladiola (*Gladiolus* spp.), rosa (*Rosa* spp.), liliium (*Lilium* spp.), alstroemeria (*Alstroemeria* spp.), clavel (*Dianthus caryophyllus*), esquejes sin raíz, de plantas en maceta y follajes (SAGARPA, 2012).

Por su importancia económica, *Lilium* es la cuarta flor de corte en el mundo y también tiene importancia como flor en maceta dentro de las bulbosas. Los *Lilium* se agrupan para la producción de flor de corte en el comercio mundial en híbridos asiáticos, orientales y longiflorum, híbridos LA (Longiflorum y asiático). Además, existen OT (Oriental x trompeta), LO (Longiflorum x Oriental) y OA (x Oriental asiático) (Van Tuyl *et al.*, 2010).

En México, para el 2010, la flor de *Lilium* ocupa el cuarto lugar entre las flores de corte que más prefieren los consumidores. La mayoría de los productores se encuentran en los estados de México, Puebla y Morelos, así como el Distrito Federal, quienes concentran alrededor de 70 % de los productores y las unidades de producción (SAGARPA, 2012).

Las plantas como *Lilium* responden a una demanda en el gusto de los consumidores de flor de corte, se requiere una producción intensiva, y es necesario buscar alternativas que favorezcan la producción, pudiendo ser mediante la nutrición de la planta y el uso de fertilizantes foliares para incrementar el rendimiento y calidad de esta especie.

La presente investigación tuvo como objetivo probar que la fertilización foliar con base a magnesio y zinc tiene efecto benéfico en *Lilium*, ya que una adecuada nutrición durante el desarrollo del cultivo, incide en parámetros de calidad al momento de la cosecha y posterior a ésta, ofreciendo mayor vida en florero.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Características botánicas

El género *Lilium* pertenece a la familia de las Liliáceas, hay alrededor de 90 especies en el hemisferio norte, y son originarios de Asia (Rees, 1992). Actualmente en forma comercial, los lilis se clasifican de acuerdo a su grupo botánico, forma de la flor e inflorescencia y al calibre del bulbo en 4 grupos: híbridos asiáticos, híbridos orientales, *Lilium speciosum* y *Lilium longiflorum* (Bañón *et al.*, 1993). Los cultivares asiáticos presentan una floración temprana (8 a 10 semanas), flores verticales, resistentes a enfermedades y una propagación rápida (Rees, 1992), además tienen flores con diversidad de colores, formas y épocas de floración, aunque no tienen fragancia, las hojas son sésiles, angostas y abundantes (Beattie & White, 1993). Los cultivares orientales tienen flores horizontales, su floración se presenta de las 14 a 16 semanas (Rees, 1992); presentan flores blancas o rosadas, fragantes y de mayor tamaño (Beattie & White, 1993; Salinger, 1991).

Lilium presenta dos tipos de raíces, las raíces basales emergen del disco basal, son carnosas con tonalidades marrones que se oscurecen con el tiempo; tienen grosores de 2 a 3 mm de diámetro y longitud de hasta 15 a 20 cm y las raíces adventicias caulinares son abundantes, con un diámetro de 1 mm y alcanzan de 1 a 3 cm de largo, color blanco halino, tienen como función captar agua y nutrientes para la planta (Bañón *et al.*, 1993).

El tallo aéreo surge desde un disco basal situado en el interior del bulbo, erecto, simple y cilíndrico, con grosores entre 1 y 2 cm de diámetro, pigmentado, color verde oscuro (Salinger, 1991; Bañón *et al.*, 1993). Las hojas se distribuyen en el tallo en forma alterna. Son lanceoladas u ovalo-lanceoladas, con dimensiones variables de 10 a 15 cm de largo y con anchos de 1 a 3 cm, pueden ser verticiladas, sésiles. Paralelinervias en el sentido de su eje longitudinal, color verde intenso (Rees, 1992; Bañón *et al.*, 1993).

Las flores se sitúan en el extremo del tallo, son grandes; sus sépalos y pétalos constituyen un perianto de seis tépalos de gran número de colores (excepto el azul), dan la apariencia de trompeta, turbante o cáliz. Se disponen solitarias o agrupadas en inflorescencias en racimos y corimbos, mostrándose erguidas o péndulas. Ciertas variedades poseen flores delicadamente perfumadas (Bañón *et al.*, 1993; Miller, 1993; Wilkins & Dole, 1997). El fruto es una capsula trilocular con dehiscencia loculicida independiente y está provista de numerosas semillas, generalmente alrededor de 200 (Bañón *et al.*, 1993).

El bulbo, desprovisto de túnica, es de forma redonda agudizada por su parte distal, y está formado por una serie de hojas modificadas, escamas triangulares carnosas de color blanco, rosado o pardo que almacenan las sustancias de reserva. El bulbo es la fuente de energía para el crecimiento de brotes y raíces (Bañón *et al.*, 1993; Miller, 1993). En las axilas de las hojas de ciertos *Lilium*, como en *L. bulbiferum*, que al tener las flores estériles y no producir semillas, se producen bulbillos de tipo epigeo (Salinger, 1991; Bañón *et al.*, 1993).

2.2. Necesidades climáticas y edáficas

2.2.1. Luz

La planta de *Lilium* necesita “días largos”, de 12 a 16 horas de luz diarias. Cuando no se cumple con esta condición, aunado a la presencia de elevadas temperaturas, disminuye el rendimiento y la calidad de la flor (Durieux *et al.*, 1982; Pergola & Grassoti, 1984), ya que puede presentarse abscisión y aborto del botón floral (Bañón *et al.*, 1993).

2.2.2. Temperatura

Depende del cultivar y de la época de plantación, así como del estado vegetativo; en general, la planta presenta una temperatura crítica a -2°C , con la cual se hiela y muere (Bañón *et al.*, 1993). Sin embargo, en el cultivo de *Lilium* oriental 'Siberia', la temperatura durante el forzado influye en la brotación del bulbo. En condiciones de temperatura alta presenta tallos cortos, reducción del número de botones florales, y la longitud de la inflorescencia es menor. La temperatura óptima para este cultivar es de $10-12^{\circ}\text{C}$. Por otra parte, cuando la temperatura del suelo es alta durante la fase de crecimiento de los bulbos vernalizados, se reduce la iniciación floral, altura de la planta, la calidad de la hoja, y produce falta de desarrollo en el botón floral, porque las raíces madre no desarrollan (Jae-Young *et al.*, 2014).

2.2.3. Humedad relativa

La humedad relativa requerida se encuentra en un rango de 60 a 75 %. Es recomendable bajarla ligeramente un poco antes del periodo de floración, para evitar enfermedades fúngicas en los órganos florales (Salinger, 1991; Bañón *et al.*, 1993).

2.2.4. Suelo

Requiere suelos ligeros, bien aireados, con un contenido de materia orgánica alto, de textura arenosa y rico en humus. La mayor parte de las especies prefieren suelos con pH próximo a la neutralidad o ligeramente ácido (Bañón *et al.*, 1993).

Salinidad y bajas temperaturas en *Lilium* 'Siberia' reduce la tasa de fotosíntesis neta, conductancia estomática y la concentración de CO₂ intercelular, contenido de clorofila, área foliar, altura de la planta y la biomasa seca; además aumenta el aborto de brotes (Wang *et al.*, 2014).

2.3. Fertilización

Se indica que *Lilium* es un cultivo poco exigente en cuanto a nutrimentos, según Miller (1993) y Dole & Wilkins (2005) las reservas del bulbo son suficientes. Sin embargo, investigaciones recientes resaltan la importancia de aportar nutrimentos al sustrato, la aplicación foliar de macro y micronutrimentos tiene gran relevancia para mejorar la calidad de flores de corte como mencionan: Betancourt-Olvera *et al.*

(2005); Ortega-Blu *et al.* (2006); Franco *et al.* (2007); Ayala *et al.* (2008); Torres *et al.* (2009); Rodríguez-Mendoza *et al.* (2011) y Rodríguez-Landero *et al.* (2012).

Son 16 elementos esenciales que requiere la planta (Benton, 2012.; Datnoff, 2013) (Cuadro 1). Un nutrimento esencial es aquel requerido para que se cumpla el ciclo normal de la vida de la planta, en cuyas funciones no puede ser sustituido por otros elementos y causa una deficiencia específica cuando no está disponible (Arnon & Stout, 1939; Bennett, 1997).

Cuadro 1. Elementos esenciales en la nutrición y crecimiento de la planta

Elemento	Forma en que se aprovecha
Macronutrientes	
Hidrógeno (H)	Agua (H ₂ O)
Carbono (C)	Aire (CO ₂)
Oxígeno (O)	Suelo (H ₂ O)
Nitrógeno (N)	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻
Potasio (K)	K ⁺
Calcio (Ca)	Ca ²⁺
Magnesio (Mg)	Mg ²⁺
Fosforo (P)	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻
Azufre (S)	SO ₄ ²⁻
Micronutrientes	
Cloro	Cl ⁻
Boro (B)	H ₃ BO ₃ ⁻
Hierro (Fe)	Fe ²⁺ , Fe ³⁺
Manganeso	Mn ²⁺
Zinc (Zn)	Zn ²⁺
Cobre (Cu)	Cu ²⁺
Molibdeno (Mo)	MoO ₄ ²⁻

(Benton, 2012)

2.3.1. Macronutrientos

Los macronutrientos se establecen como esenciales al encontrarse presentes en la materia seca de los cultivos (P, K, Ca, Mg y S) y se requieren para un óptimo crecimiento de las plantas, completar su ciclo de vida y lograr una calidad idónea al momento de la cosecha (Benton, 2012; Datnoff *et al.*, 2013). Cabe resaltar la importancia de aportar NPK en los cultivos por ser elementos básicos en las fórmulas de fertilización química. Los elementos C, H y O, son indispensables para la fotosíntesis.

El nitrógeno se encuentra en la planta en forma orgánica e inorgánica. Al combinarse con el C, H y O, algunas veces con el S, forma aminoácidos, enzimas, ácidos nucleicos, clorofila, alcaloides y bases púricas. El nitrógeno orgánico predomina en las plantas como proteínas de alto peso molecular. El nitrógeno inorgánico puede acumularse en la planta, principalmente en el tallo y distribuirse en los tejidos en forma de nitrato (NO_3) (Datnoff *et al.*, 2013)

El fósforo es un componente de ciertas enzimas y proteínas, componente del adenosin trifosfato (ATP), responsable de reacciones para la transferencia de energía. Constituye los ácidos nucleicos: ácido ribonucleico (ARN) y desoxirribonucleico (ADN), responsables de la información genética (Benton, 2012).

El potasio por su parte participa en la regulación de agua en la planta, la turgencia y crecimiento celular, en la apertura y cierre de los estomas. Indispensable en la acumulación y translocación de carbohidratos, síntesis de proteínas (Benton, 2012).

Para el caso de las plantas bulbosas, las reservas nutrimentales con las que cuentan los bulbos no son suficientes para garantizar la calidad de los tallos florales (Rodríguez-Mendoza *et al.*, 2011). Por lo cual, a partir de la obtención de las curvas de absorción de nutrimentos de las variedades de lilis 'Brunello', 'Algarve', y 'Alma Ata'; Barrantes *et al.*, (2012), indicaron que en las primeras 4 semanas de un ciclo total de 12 a 14 semanas, la mayor parte de los nutrimentos que utiliza la planta provienen del bulbo. Los contenidos de nutrimentos de N, P y K en los bulbos de los cultivares anteriores, al momento de la siembra oscilaron entre 144-178, 19-28 y 160-174 mg·bulbo⁻¹, respectivamente; mientras que para una producción de 66 tallos·m⁻² (de 'Alma Ata') y para 72 (de 'Brunello' y 'Algarve') el consumo por la parte aérea fluctuó entre 15-18, 1.2-1.6 y 26.7-40.3 g·m⁻² de N, P y K respectivamente. En todas las variedades, la mayor absorción de estos nutrimentos ocurrió al final del periodo de vida (Barrantes *et al.*, 2012).

Con las evidencias de que los nutrimentos presentes en los bulbos son insuficientes para cubrir completamente la demanda en el periodo de crecimiento; es importante suministrar alguna fuente externa de N, P y K sin llegar al exceso que repercute en la calidad de la flor (Artacho-Vargas & Pinochet-Tejos, 2008). Cuando hay deficiencias nutrimentales es posible que los tallos no desarrollen con vigor, se presenten más largos y delgados y se curven con facilidad (Bañón *et al.*, 1993).

Por otro lado, la aplicación foliar de potasio (51 % K₂O) en combinación con sacarosa, (2 g/l + 2 g/l, respectivamente) 30-10 días antes de la cosecha en 4 variedades de *Lilium* asiático, cultivadas durante el invierno y verano, aumentó la intensidad del color en las flores. Además, en otra variedad se observó disminución en el aborto de flores durante el invierno (Burchi *et al.*, 2010).

En *Lilium* 'Arcachon' se recomienda una concentración entre 5 y 10 mM de K en la solución nutritiva en un sustrato como la turba ácida, para lograr, mayor diámetro de la flor, altura de la planta y peso seco total de plantas. Mientras que la aportación de 0 o 20 mM de K incidió en la mayor fotosíntesis neta registrada en las hojas jóvenes (Barrera-Aguilar *et al.*, 2012). También Rubí *et al.* (2009), indican que en *Lilium* un tratamiento con microorganismos rizosféricos, *Glomus fasciculatum* con 22 µg/ml de fósforo y *Bacillus subtilis*, interactúan positivamente para el desarrollo de la planta.

En *Lilium* 'Merostar' la concentración de NPK 10:10:15 favorece el crecimiento y rendimiento de la planta, altura de planta, área foliar, peso fresco y seco de las plantas, número de flores por planta, diámetro del tallo, días a floración, tamaño y peso (Ferdosi *et al.*, 2014). En gladiolo (*Gladiolus hortulanus* L.) cv. Wind Song al aportar 10:10:5 g·maceta⁻¹ NPK, respectivamente, después de 30 y 45 días de plantado incrementó el crecimiento de la planta y las características florales. Se observó mayor altura de la planta, número de hojas, longitud de hojas y longitud de la espiga floral. Una dosis moderada de 5:5:5 g·maceta⁻¹ NPK favoreció la emergencia de la espiga, la apertura del primero y último florete, mayor diámetro y peso del cormo (Khan *et al.*, 2004).

2.3.2. Micronutrientes

Los micronutrientes tienen un papel importante como constituyentes de estructuras orgánicas, son componentes o activadores de enzimas, transporte de

electrones o en la osmoregulación, regulación del metabolismo, reproducción y protección de estrés contra factores bióticos y abióticos (Benton, 2012).

2.3.2.1. Zinc

El zinc en forma iónica (Zn^{2+}), tiene efectos sobre la estructura de la membrana celular y su función pudiera ser indirecta para prevenir la generación y desintoxicación efectiva de especies reactivas de oxígeno (Cakmak, 2000). La acumulación de radicales superóxidos (O_2^-) y su reacción con H_2O_2 (reacción Haber-Weiss) permite la producción de más especies tóxicas del oxígeno como el OH^\cdot , el cual daña la membrana celular, enzimas y el ADN (Sharma, 2006). Por otra parte, el zinc junto con el manganeso (Mn) participa en la activación de enzimas, en combinación con Mn y molibdeno (Mo) en la tolerancia al estrés y junto con Mn, cobre (Cu) y boro (B) en el crecimiento reproductivo (inducción de la floración, polinización, establecimiento del fruto), además, junto con el B, es constituyente de membranas y paredes celulares (Kirkby & Römheld, 2007).

El zinc es constituyente de diferentes enzimas. Es un cofactor de la anhidrasa carbónica, es indispensable para la fotosíntesis en plantas C_4 (Sharma, 2006). La enzima alcohol deshidrogenasa contiene zinc y tiene una función estructural y catalítica de la oxidación del acetaldehído a etanol; la actividad de esta enzima se incrementa en respuesta al estrés anaeróbico, tal como ocurre en caso de inundaciones en las raíces de las plantas (Gibbs & Greenway, 2003; Ravichandran & Pathmanabhan, 2004, citados por Sharma, 2006).

Por otro lado, la enzima carboxipeptidasa en la planta, cataliza la hidrólisis de proteínas de reserva de las semillas; de tal manera que las proteínas llamadas “dedos de zinc”, interactúa con el ADN y en el control de la expresión de los genes (Benton, 2012). Bettger & O’Dell (1981), citados por Sharma, (2006) demuestran la importancia del zinc en el mantenimiento y la integridad estructural de la biomembrana.

Este micronutriente interviene en la síntesis de las auxinas y en el proceso de crecimiento vegetal. Su carencia en la planta, se manifiesta con un acortamiento de los entrenudos, por lo que las hojas terminales aparecen más pequeñas, amarillas y adoptan un aspecto de roseta. Juega un papel importante en la reducción de nitratos y en la fosforilación (Alpi & Tognoni, 1999). En plantas de maíz y trigo, la deficiencia de zinc reduce el tamaño de las anteras y un desarrollo limitado del tejido esporogéneo (Sharma *et al.*, 1979, 1987, 1990), citados por Sharma (2006).

2.3.2.2. Magnesio

Es el único elemento mineral presente en la molécula de la clorofila, por lo que se infiere su gran importancia para la fotosíntesis (Devlin, 1976). Es necesario para la formación de carotenoides y otros pigmentos; realiza un papel fundamental en el metabolismo de las grasas y de los compuestos fosforados. Activador de muchas reacciones enzimáticas como la fosforilación, componente de la estructura de ATP o ADP (Benton. 2012). Tiene gran movilidad en el interior de la planta, es traslocado de los tejidos más viejos a los más jóvenes. Por tanto, la deficiencia de magnesio

en las plantas se manifiesta en las hojas más viejas que presentan zonas cloróticas entre las nerviaciones, que conservan el color verde (Alpi & Tognoni, 1999). La absorción de Mg^{2+} se ve favorecida por los iones NO_3 , pero es inhibido por otros cationes como NH_4 , K y Ca (Benton, 2012). Las funciones del Mg^{2+} en las plantas son muchas y las más importantes son como activador de enzimas y como componente de las moléculas de clorofila, por lo que está activamente involucrado en la fotosíntesis. El Mg^{2+} es un auxiliar en el metabolismo del fosfato, respiración de la planta y la activación de varios sistemas enzimáticos involucrados en el metabolismo energético (Fageria & Gheyi, 1999).

Este mineral es componente en la estructura de tejidos, participa en procesos bioquímicos y funciones fisiológicas, constituyente de la lámina media; es necesario para mantener íntegra la estructura de los ribosomas (en ellos se encuentra más de 90 % del Mg celular). Se asocia con un rápido crecimiento, actividad de la mitosis, altos niveles de proteínas, metabolismo de los carbohidratos, fosforilación oxidativa en células jóvenes. Bioquímicamente, en reacciones de transferencia de energía involucra grupos reactivos de fosfatos. Actúa como cofactor de muchas enzimas incluyendo transfosforilasa, deshidrogenasa, carboxilasa; respiración y formación de ADN y ARN. El Mg también estimula el desarrollo de microorganismos favorables a la planta, participa en el crecimiento de la ecología microbiana (García-Ávila *et al.*, 2012; Datnoff, *et al.*, 2013; Xiao *et al.*, 2014).

2.4. Soluciones nutritivas

Las soluciones nutritivas aportan nutrimentos para el óptimo desarrollo de los cultivos (Favela *et al.*, 2006). Actualmente, el cultivo con soluciones nutritivas es útil para la investigación, ya que elimina el efecto del sustrato o posible contaminación de la solución con los elementos que provienen del mismo. Son importantes en el desarrollo, rendimiento y calidad de las plantas (Favela *et al.*, 2006). Particularmente, en los años recientes se ha evaluado en liliium el uso de soluciones nutritivas comprobado su importancia (Betancourt-Olvera *et al.*, 2005; García-Ávila *et al.*, 2015; Rodríguez-Mendoza *et al.*, 2011).

Según Steiner (1961) en la preparación y manejo de una solución nutritiva es indispensable conocer aspectos fundamentales como: pH, la concentración única total (presión osmótica), determinada mediante la conductividad eléctrica; la relación mutua entre aniones y cationes, la concentración de amonio, temperatura y el oxígeno disuelto. Dicho autor, al igual que otros expertos enfatizan que las concentraciones de nutrimentos requeridos para satisfacer las demandas internas de las plantas difieren de acuerdo con la especie. (Favela *et al.*, 2006; Juárez *et al.*, 2006). Por lo tanto, no puede haber una solución nutritiva única con que se tendrían resultados satisfactorios para todas ellas (Juárez *et al.*, 2006).

2.4.1. Solución Steiner

Steiner (1961) estableció el concepto de relación mutua entre los aniones NO_3^- , H_2PO_4^- y SO_4^{2-} , y entre los cationes K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} . Se basó en que una solución nutritiva debe estar regulada en sus macronutrimentos contenidos en los iones

mencionados (N, P, K, Ca, etc.). La regulación nutritiva consiste no solo en la cantidad absoluta de cada elemento aportado sino, además, en la relación cuantitativa que se establece entre los aniones por una parte y los cationes por la otra.

2.5. Calidad en *Lilium*

2.5.1. Verdor de las hojas

El verde de las hojas se debe principalmente al contenido de clorofila, de tal forma que el contenido de ésta y la absorción de nitrógeno se han correlacionado con las unidades SPAD en diversas condiciones ambientales como la intensidad luminosa, temperatura, humedad relativa, plagas, densidad de población, fuente de nitrógeno, etc. (Hiderman *et al.*, 1992; Piekielek & Fox, 1992; citados por Rodríguez *et al.*, 1998).

Las lecturas SPAD son un indicador confiable para diagnosticar el estado de nitrógeno total en el tejido vegetal, ya que un nivel crítico menor de 48.5 indica que el cultivo tiene concentraciones menores de 3% de nitrógeno. En consecuencia, es una condición de deficiencia nutrimental respecto a ese elemento (De la Cruz *et al.*, 2011).

Los valores SPAD se basan en el principio de que parte de la luz que llega a la hoja es absorbida por la clorofila y el resto que se refleja entra en contacto con la celda detectora del SPAD y es convertida en una señal eléctrica. La cantidad de luz captada por la celda es inversamente proporcional a la cantidad de luz utilizada por

la clorofila, la señal es procesada, y la absorbancia es cuantificada en valores dimensionales que van de 0 a 199, por lo que las unidades SPAD serán siempre las mismas de acuerdo con el tono verde de las hojas (Krugh *et al.*, 1994).

Para el caso de *Lilium*, De Lucia & Ventrelli (2003) reporta lecturas SPAD en un intervalos de 58 a 69, Betancourt-Olvera *et al.* (2005) encontró en promedio 63 unidades SPAD, mientras que Rodríguez-Landero *et al.* (2012) reporta valores promedio de 53.

2.5.2. Tamaño

2.5.2.1. Diámetro y altura del tallo

En *Lilium*, el diámetro y altura del tallo son parámetros de calidad, condicionados por la oferta y demanda, época del cultivo y variedad cultivada (Bañón *et al.*, 1993). Para estos indicadores de calidad en *Lilium* 'Stargazer', se ha investigado sobre el beneficio de aplicar una fertilización foliar con miel de abeja al 2 % + 100 % de fertilización al suelo, en donde se obtuvo un diámetro basal y apical de 0.92 cm y 0.83 cm respectivamente y la altura promedio del tallo fue de 71 cm (Betancourt-Olvera *et al.*, 2005). Otras investigaciones reportan una relación mutualista entre la planta y microorganismos rizosférico; *Glomus fasciculatum* con 22 µg/ml de fósforo y *Bacillus subtilis* interactúan positivamente para incrementar la altura y desarrollo de la planta en *Lilium* oriental 'Showwinner' (Rubí *et al.*, 2009).

2.5.3. Número de flores

Otro parámetro de calidad en *Lilium*, es el número de flores por tallo a punto de corte. Si los tallos presentan 9, 7, 5 y 4 flores por tallo se clasifican como súper extra, extra, primera y segunda, respectivamente (Bañón *et al.*, 1993).

2.5.4. Color

El color de la flor en *Lilium*, es una característica importante biológicamente y comercialmente, se basa en cuatro pigmentos naturales, los flavonoides, carotenoides, betalaínas y clorofilas (Davies & Schwinn, 1997; citados por Burchi, 2010). Además estos pigmentos son influenciados por factores externos como la temperatura, luz, nutrición así como la adición de azúcar, sal o metales al agua de conservación (Griesbach, 2005; citado por Burchi, 2010).

El color en una gran cantidad flores, principalmente aquellas que van del rojo al morado intenso, se debe a la formación de complejos de antocianina y copigmento que son influenciados por el pH (Griesbach, 2005; citado por Burchi, 2010). Las antocianinas son compuestos fenólicos pertenecientes al grupo de los flavonoides que se encuentran principalmente en frutos, flores y hojas de las plantas (Leguizamón *et al.*, 2005). Su síntesis se produce a partir de la ruta del ácido shiquímico, vía el metabolismo del fenilpropanoide, y se acumulan en las vacuolas de las células epidérmicas y mesofílicas especialmente (Schmitzer *et al.*, 2009). En la mayoría de las plantas, la síntesis de antocianinas en las flores se encuentra bajo regulación ambiental y su acumulación coincide con el crecimiento de los pétalos (Mol *et al.*, 1996).

La intensidad luminosa afecta la calidad de las flores de *Lilium*, baja radiación causa aborto de flores, hojas amarillentas y decoloración de tépalos durante la temporada invernal. Por otra parte temperaturas elevadas durante el verano puede reducir la biosíntesis de pigmentos y la intensidad del color de los tépalos durante el verano (Birán & Halevy, 1974; Kawabata *et al.*, 1999; Koyama & Uda, 1994; Maekawa, 1975; Shisa & Takano, 1964; citados por Burchi, 2010).

La luz induce en la acumulación de antocianinas en tejidos verdes y suspensiones celulares a través de la activación y expresión de los genes responsables de su biosíntesis, por lo tanto plantas crecidas con baja intensidad lumínica desarrollan flores pálidas con bajo nivel de éstos pigmentos (Biran & Halevy, 1974; Griesbach, 1992). Sin embargo, el efecto que tiene la radiación UV sobre la pigmentación de los tépalos y, por lo tanto, en la síntesis de antocianinas depende de la especie vegetal, ya que en algunas es requerida y en otras no tiene ningún efecto (Weiss, 2000).

El color es el aspecto de la percepción visual por el cual un observador puede distinguir diferencias entre dos campos de visión del mismo tamaño, forma y estructura, causadas por diferencias en la composición espectral de la energía radiante implicada (Wyszecki & Stiles, 1982). El estímulo cromático está compuesto por tres sensaciones bien diferenciadas, que dan al color su carácter tridimensional: El matiz o tono (hue): atributo fundamental y cualitativo del color. El brillo o luminosidad característica por la que un color puede clasificarse, en términos generales, como claro u oscuro. La saturación o pureza (*Chroma*), que determina para cada matiz su grado de diferencia frente al gris del mismo brillo.

Actualmente, todas las teorías y sistemas de color son canalizados por la Comisión Internacional de Iluminación, C.I.E. (*Commission Internationale de l'Eclairage*). El CIEL*a*b* (CIELAB) es el modelo cromático usado normalmente para describir todos los colores que puede percibir el ojo humano (Calvo, 1989).

De esta manera, el color se determina teniendo en cuenta los valores L^* , a^* y b^* , arrojados por un colorímetro óptico y definido a través de ecuaciones específicas. El parámetro colorimétrico L^* indica brillantez o luminosidad y sus valores van del 0 a 100, en donde 0 = negro y 100 = blanco. El parámetro colorimétrico a^* representa colores rojos cuando el valor es positivo y colores azules cuando el valor es negativo. Mientras que el parámetro colorimétrico b^* representa colores amarillos cuando el valor es positivo y verde cuando es negativo. Estos valores se utilizan para obtener el tono o ángulos de la matiz y pureza o croma del color (Jakopic *et al.*, 2007).

2.5.5. Vida postcosecha

Se ha determinado que un tercio de la vida de la flor cortada está influenciada por el ambiente de precosecha, mientras que los dos tercios restantes por el manejo y las condiciones presentes después del corte (temperatura, humedad, iluminación, presencia de etileno) (De la Riva, 2011; Ferrante *et al.*, 2015).

La senescencia de la flor se acelera cuando se separa de la planta, lo que determina que en pocos días la flor pierda su valor comercial. Este proceso de senescencia está programado genéticamente y controlado por la hormona etileno, produciéndose los cambios relacionados con él por la expresión de genes

específicos (Van Alvorst & Bovy, 1995). En *Lilium* depende de la etapa de crecimiento y de la variedad (Miller, 2014).

2.5.5.1. Días en florero.

En *Lilium* los principales síntomas que limitan la vida en florero son la abscisión de botones florales, falta de apertura de la flor, marchitamiento de los tépalos y amarillamiento de las hojas (Van Doorn & Han, 2011). Algunos trastornos provocados por el etileno en *Lilium* son reportados por Woltering & Van Doorn (1988) y Elgar *et al.* (1999) cuando demostraron que a corto plazo (1 d, 20° C) el etileno tenía poco efecto en la vida de la flor, aunque sus flores abrieron más rápidamente. Se establecen 2 categorías de sensibilidad al etileno en la vida en florero, de 0 a 1, sin efecto del etileno [categoría 0], para una reducción de 33 % de vida útil en el florero [categoría 1]. Esto indica que a corto plazo los tallos adultos de *Lilium* son menos sensibles al etileno que especies como *Delphinium* y *Dianthus*.

Sin embargo, los *Lilium* en fases de brotación, son de moderado a altamente sensibles al etileno; los periodos de exposición de etileno deben ser generalmente más de 1 día (Miller 2014). Filios & Miller (2012) mostraron que la exposición por 4 días de 0.25 ppm etileno era suficiente para causar > 80% aborto floral en el híbrido asiático 'Pixie Pink'. Concentraciones más altas (9.75 ppm) causaron > 90% lesiones en 4 días y el daño fue de 100% cuando se expusieron durante 7 días. Con etileno 1 ppm, *L. longiflorum* presentaron 100% de aborto de flores con una exposición de 2 días en brote visible. La aplicación de una formulación pulverizable de 1-metilciclopropeno (1-MCP) proporcionan protección casi total de un tratamiento de etileno mayor a 100 ppm (Filios & Miller, 2012). Rodríguez-Landero *et al.* (2012)

sugieren la aplicación de 500 nL L⁻¹ 1-MCP, un inhibidor, durante 8 h para *Lilium* 'Bright Diamond', para aumentar hasta 3 días la vida postcosecha.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

En la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, México, ubicada a los 19° 24' 29.32" norte y 99° 41' 22.39" oeste, se estableció liliis 'Acapulco', calibre 18-20, del 20 de abril al 3 de agosto de 2012; y liliis 'Serrada' calibre 14-16, de octubre 12 al 30 de diciembre de 2013. El sustrato utilizado para ambos cultivares fue agrolita, el cual se colocó en bolsas de polietileno color negro con dimensiones de 0.3 x 0.3 m; en cada bolsa se plantó un bulbo para cv. Acapulco y 2 bulbos para cv. Serrada. Se emplearon bulbos vernalizados que se adquirieron en la empresa "Bulbos de Holanda". Previo a la plantación, los bulbos se desinfectaron con una solución de Orthodifolathan (Captan) 1 g·litro⁻¹ durante 5 min. El diseño del invernadero (Rodríguez-Landero *et al.*, 2012) y la disposición de las macetas en ambos ciclos de cultivo permitió que el diseño experimental, en ambos ciclos, fuera completamente al azar.

La fertilización al suelo en ambos cultivos se basó en la solución nutritiva de Steiner (1961) (Cuadro 2), que se aumentó 40 veces más para igualar la fertilización nitrogenada sugerida para *Lilium* (Franco *et al.*, 2009). Además, de manera general, y por tanto no involucrados en el análisis experimental, se aportó foliarmente Ca (130 mg·litro⁻¹) y B (30 mg·litro⁻¹), cada quince días; (Rodríguez-Landeros *et al.*, 2012), esta aplicación no coincidió con la fecha de aplicación de Zn y Mg, micronutrientes en experimentación. Los riegos por maceta fueron de 100 ml cada tercer día hasta la cosecha para el cv. Serrada. En el caso del cv. Acapulco, el riego fue de 100 ml por maceta, cada tercer día hasta la aparición de los primeros botones

florales; posteriormente, y hasta la cosecha se aumentó a 200 ml por maceta cada tercer día. El cultivo se cubrió con malla sombra para evitar daños por alta intensidad luminosa. Los dos ciclos de cultivo se monitorearon adecuadamente para evitar el ataque de plagas y enfermedades y que pudieran modificar los datos obtenidos.

Cuadro 2. Solución de Steiner modificada y aplicada al sustrato en cultivo de *Lilium*.

Compuesto (sal)	ppm	g·litro ⁻¹ (aumentada 40 veces)
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	989	39.56
Mg SO ₄ ·7H ₂ O	494	19.76
KNO ₃	100	4.00
K ₂ SO ₄	350	14.00
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.1	0.004
H ₃ BO ₃	2.5	0.1
Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·H ₂ O	12	0.48
MnSO ₄ · H ₂ O	6	0.24
H ₂ Mo ₄ .H ₂ O	0.02	0.0008
ZnSO ₄ . 7H ₂ O	1	0.04
KH ₂ PO ₄	136	5.44

Steiner (1961).

3.1. Cv. Acapulco

Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo, el experimento involucro dos factores siendo ellos la solución nutritiva y la fertilización foliar (Cuadro 3). Se emplearon dos dosis de solución nutritiva Steiner modificada, 10 y 20 ml por maceta, y tres dosis de fertilización foliar a base de Zn y Mg 0-0, 72-80 y 144-160 mg·litro⁻¹, respectivamente; es decir, en total se evaluaron 6 tratamientos. La fertilización al sustrato inició a los 20 días después de la plantación (DDP) y posteriormente se aplicó a intervalos de 10 días durante todo el ciclo de la planta, hasta su cosecha. La aplicación de los nutrimentos foliares en experimentación (Zn y Mg) se programó para realizarse a partir de los 35 DDP, cuando las hojas empezaban a expandirse, de manera alternada cada 15 d durante todo el ciclo del cultivo. La aplicación del fertilizante foliar fue hasta punto de goteo. Cada tratamiento tuvo más de 50 plantas pero solo se tomaron datos de 10 de ellas, distribuidas aleatoriamente, durante el crecimiento.

3.1.1. Crecimiento

A los 35, 55, 75 y 95 DDP, se realizaron cuantificaciones en la altura (cm) de 10 plantas por tratamiento con un flexómetro, midiendo desde la base del tallo (inicio del sistema radicular adventicio caulinar) hasta el ápice de la planta (incluyendo el botón floral, cuando se presentó).

3.1.2 Unidades SPAD

La lectura SPAD o índice de verdor se midió con un medidor SPAD (Mod. 502, Konica Minolta) en hojas completamente extendidas a los 43, 63, 83 y 103 DDP. Los valores se obtuvieron de 10 plantas (repeticiones) por tratamiento, en 5 hojas de la parte intermedia de cada tallo.

Cuadro 3. Fertilización Steiner al sustrato y foliar de zinc y magnesio en *Lilium* 'Acapulco', en 2012.

Sustrato Steiner x 40 (ml)	Foliar	
	Zn (mg·litro ⁻¹)	Mg (mg·litro ⁻¹)
10	0	0
	72	80
	144	160
20	0	0
	72	80
	144	160

3.1.3. Corte

La cosecha se realizó a punto de corte, cuando el botón floral central estaba pigmentado (Franco *et al.*, 2009) y sin eclosionar las 2 primeras flores inferiores (Bañon *et al.*, 1993). Se determinó el número de flores por tallo.



Fig. 1. Punto de corte, cuando el botón floral central estaba pigmentado (Franco *et al.*, 2009) y sin eclosionar las 2 primeras flores inferiores (Bañón *et al.*, 1993)

3.1.4. Postcosecha

En postcosecha, se tomó datos de 3 plantas (repeticiones) por cada uno de los 6 tratamientos, se midieron en total 18 plantas. Los tallos se homogenizaron a 50 cm de altura. Se consideró el día de la cosecha como día cero para la toma de datos y posteriormente cada 4, 8 y 12 días respectivamente, que fue el periodo que duró el experimento en postcosecha. Durante esos días los tallos florales se mantuvieron en recipientes de plástico con agua corriente para evitar su deshidratación. En este periodo de vida en florero se evaluó el diámetro de la flor (DF), color de tépalos (CT), unidades SPAD (US), peso fresco (PF), área foliar (AF) y el porcentaje de materia seca (MS) (Betancourt-Olivera *et al.*, 2005; Ortega-Blu *et al.*, 2006; Franco *et al.*, 2007; Rodríguez-Landero *et al.*, 2012).

El diámetro de la flor se midió con un vernier Truper Stainless Steel (inch/mm); se midió la parte más ancha del primer botón floral el día de la cosecha, cuando las flores aun no abrían, posteriormente se midió el diámetro de la misma flor ya abierta a los 4, 8 y 12 días respectivamente.

El color de tépalos se cuantificó con un fotolorímetro Konica Minolta, se realizaron 3 mediciones en la flor evaluada en tres tépalos a los cero días y posteriormente sobre los mismos tépalos a los 4, 8 y 12 días.

Las lecturas SPAD se midieron en hojas intermedias del tallo, 5 hojas por repetición, se obtuvieron los datos al introducir las en el lector SPAD (Mod. 502, Konica Minolta) de manera individual.

Se obtuvo el peso fresco (g) de la planta, con una báscula Scout™ Pro OHAUS, durante vida en florero, a los 0, 4, 8 y 12 días.

En la parte destructiva del muestreo se determinó el área foliar de las 5 hojas intermedias del tallo que se utilizaron en los datos anteriores de SPAD, con un medidor LI-3100C AREA METER. Posteriormente, la planta completa fue cortada en trozos pequeños, se colocó en bolsas de papel perforadas y se engraparon para introducirlas en la estufa a 50° C por 5 días, hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente se obtuvo el peso seco (g) y finalmente se determinó el porcentaje de materia seca (%).

3.1.5. Análisis Estadístico

Todos los datos se analizaron bajo un diseño completo al azar. Primero se analizó de manera bifactorial, con los factores dosis de Steiner, con dos niveles y dosis de Zn y Mg con tres niveles. Cuando el valor de F fue significativo, la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

3.2. Cv. Serrada

Para 'Serrada' fueron 4 plantas (repeticiones) por 6 tratamientos y se midieron 24 plantas en total. Para el cv. Serrada se cuantificaron las variables precosecha y poscosecha igual que cv. Acapulco. Sin embargo, debido a que el factor Steiner afectó altura de la planta negativamente en el experimento 1 con cv. Acapulco. El experimento de *Lilium* 'Serrada', sólo tuvo el factor dosis de Zn y Mg foliar, con seis niveles (Cuadro 4). Cuando el valor de F fue significativo, la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 4. Fertilización foliar de zinc y magnesio en Liliium 'Serrada', en 2013.

Zn (mg·litro ⁻¹)	Mg (mg·litro ⁻¹)
0	0
72	160
144	80
144	160
288	320
432	480

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Fase de crecimiento

Los resultados de esta fase para ambos cultivares se resume en la propuesta de artículo científico “Influencia del magnesio y zinc en la altura de la planta y verdor de hojas en *Lilium* spp.” cuyos autores son María del Rosario Reyes-Alemán; Omar Franco-Mora; Edgar Jesús Morales-Rosales y Delfina de Jesús Pérez-López, sometido a la revista Chapingo Serie Horticultura.

CARTA DE RECEPCIÓN

 **REVISTA CHAPINGO
SERIE HORTICULTURA**

HOME • LOGOUT • HELP • REGISTER • UPDATE MY INFORMATION • JOURNAL OVERVIEW
MAIN MENU • CONTACT US • SUBMIT A MANUSCRIPT • INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

 Editorial Manager®

Role: Author Username: omar

Submissions Being Processed for Author Omar Franco-Mora, Ph. D.

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display 10 results per page.

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
Action Links		INFLUENCIA DEL MAGNESIO Y ZINC EN LA ALTURA DE PLANTA Y VERDOR DE HOJAS EN <i>Lilium</i> spp.	03/07/2015	03/07/2015	Manuscript Submitted

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display 10 results per page.

<< Author Main Menu

INFLUENCIA DEL MAGNESIO Y ZINC EN LA ALTURA DE PLANTA Y VERDOR DE HOJAS EN *Lilium* spp.

RESUMEN

El magnesio y el zinc pueden modular algunas características agronómicas de plantas ornamentales. En cultivo bajo invernadero, se cuantificó la altura de planta (AP) e índice de verdor de hojas (IVH) de liliium (*Lilium* spp.) cv. Acapulco adicionando 10 o 20 ml por maceta de la solución Steiner aumentada 40 veces al sustrato y tres dosis de fertilización foliar con Zn y Mg 0-0, 72-80 y 144-160 mg·litro⁻¹, respectivamente. Posteriormente, en liliium 'Serrada' se experimentó con seis dosis de fertilización foliar ya que se eligió a 10 ml de solución Steiner como base de fertilización al sustrato. En liliis 'Acapulco', a partir de los 55 días de cultivo, la aplicación foliar de 144 mg·litro⁻¹ de Zn y de 160 mg·litro⁻¹ de Mg aumentó AP y a la cosecha la planta fue 4 cm más alta con respecto al control; estas plantas presentaron mayor IVH a partir del día 63 de cultivo y al menos 3 unidades SPAD (US) más a cosecha, siempre en relación al control. A cosecha, las plantas fertilizadas con 10 ml de Steiner fueron 3 cm más altas y su IVH fue igual al de las plantas fertilizadas con 20 ml de Steiner. Para el segundo cultivar, a cosecha, 2 dosis de Zn y Mg superaron al control; la mayor altura de planta con menor dosis de nutrimentos fue 72 mg·litro⁻¹ de Zn y 160 mg·litro⁻¹ de Mg, con 9 cm de diferencia con respecto al control. En este cultivar no se generó diferencia para IVH.

Highlights

- 1 Doses of Steiner solution might modulate *Lilium* plant height.
- 2 Addition of Mg and Zn spray increase *Lilium* plant height.
- 3 The leaf color of some *Lilium* cultivars might be increased by Mg and Zn sprays.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: calidad de corte, crecimiento, fotosíntesis, nutrición, sustrato.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el cultivo de lilis (*Lilium* spp.) ocupa el cuarto lugar en la producción de bulbosas (Miller, 2014). En el estado de México, esta especie ornamental se ha posicionado en los primeros cinco lugares por su producción e impacto económico (SAGARPA, 2012). Por ello, existe interés en optimizar los insumos de producción; particularmente, se sabe que la dosificación correcta de nutrientes contenidos en fertilizantes y/o abonos puede modular aspectos de calidad ornamental, es decir, color, tamaño, olor, producción de metabolitos secundarios, vida postcosecha, etc. (Rodríguez-Landero, Franco-Mora, Morales-Rosales, Pérez-López, & Castañeda-Vildózola, 2012; Ying, Bai, Kong, Dou, & Wang, 2014). El correcto manejo de la nutrición vegetal puede permitir mejorar la relación costo beneficio. Por ejemplo, en la Comunidad Económica Europea, el tamaño del tallo de *Lilium* determina su

clasificación en segunda, primera, extra y super extra (Bañon, González, Fernández, & Cifuentes, 1993).

Con el manejo de la fertilización, tanto al sustrato como foliar, se ha mejorado la calidad de la inflorescencia y/o el follaje en crisantemo 'Polar' (Gaytán-Acuña, Ochoa-Martínez, García-Velasco, Zavaleta-Mejía, & Mora-Aguilera, 2006), celosía 'Chief' (*Celosia cristata* L.), cosmos 'Sensation' (*Cosmos bipinnatus* Cav.), girasol 'Sunbright' y 'Sunrich Orange' (*Helianthus annuus* L.) y zinnia 'Benary Giant Mix' (*Zinnia elegans* L.) (Ahmad, Doleb, & Nelson, 2012), tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) (Rodríguez-Mendoza, Osorio-Rosales, Trejo-Téllez, Arévalo-Galarza, & Castillo-González, 2011), *Ranunculus asiaticus* (L.) (Bernstein, Ioffe, Luria, Bruner, Nishri, Philosoph-Hadas, Salim, Dori, & Matan, 2011), *Gladiolus hortulanus* L. cv. Wind Song (Kham & Ahmad, 2004), etc. En el caso de *Lilium* en función de su estado de desarrollo, se recomendó la aplicación de N, P₂O₅, K₂O y Ca a 16.5, 4.4, 14.1 y 2.6 g·m⁻², para los cvs. Miami y Navona y 15.3, 4.3, 16.8 y 2.6 g·m⁻² para Fangio (Ortega-Blu, Correa-Benguria, & Olate-Muñoz, 2006). La aplicación del fertilizante Multicote (16:18:21 + 3 MgO) en el sustrato, al inicio del cultivo, en tres dosis 0, 2 y 4 g·litro⁻¹, y posteriormente, durante el periodo vegetativo de la solución del fertilizante Peters (15:11:29) en concentraciones de 2 g·litro⁻¹ mejoró el verdor en las hojas, expresado en valores SPAD, en *Lilium* 'Le Reve', 'Acapulco', 'Sorbonne' y 'Siberia' (Treder, 2005). Por otra parte, la fertilización al sustrato con nitrógeno y potasio para *Lilium* 'Starfighter' incidió en el aroma. El N particularmente aumentó las concentraciones de terpenos, ésteres y aldehídos como 1,8-cineol, β-ocimeno, linalool, metil benzoato, 2,4 dimetil benzaldehído y nonanal (Salazar-Orozco, Ruiz-Sánchez, Valdez-Aguilar, Pistelli, Ruíz-Olmos, & Grassotti, 2013)

Diversas opiniones indican que en *Lilium*, la nutrición foliar es una práctica necesaria, y complementaria a la fertilización al sustrato. Esto, en diferentes etapas del desarrollo, especialmente cuando disminuye la velocidad de fotosíntesis y ocurre una baja absorción de nutrimentos en raíces (Betancourt-Olvera, Rodríguez-Mendoza, Sandoval-Villa, & Gaytán-Acuña, 2005; Ortega-Blu et al., 2006). La combinación de una solución nutritiva más la aspersion de sulfato de potasio 2 g·litro⁻¹ y sacarosa 2 g·litro⁻¹ a 30 y 20 días antes de la cosecha durante el invierno, y 20 y 10 días antes en verano, mejoró el color de la flor en *Lilium* ‘Fangio’, ‘Tresor’, ‘Brindisi’ y ‘Menorca’ (Burchi, Prisa, Ballarin, & Menesatti, 2010). Betancourt-Olvera et al. (2005) reportan que la aplicación de una fórmula de fertilización foliar denominada NV3, a pH 4.5 y la adición de miel de abeja 0.1 % como adherente, influyó en la respuesta de las lecturas SPAD, peso fresco y seco de la planta, días a diferenciación floral y floración, mejorando la calidad visual de las plantas de *Lilium*. A la fecha, el programa de “Producción de *Lilium*” de la UAEM ha recomendado dosis de N al sustrato y la aplicación foliar de Ca y B para aumentar la vida en florero (Franco, Torres, Morales, & Pérez, 2009; Rodríguez-Landero et al., 2012). Como parte de dicho programa, se busca continuar la adición de nutrimentos que mejoren la calidad de corte y postcosecha de la especie en cuestión. Por ejemplo, el color de las hojas podría mejorarse o mantenerse en postcosecha con la adición de magnesio, ya que dicho nutrimento está involucrado directamente en la reacción fotosintética y el metabolismo glucídico en la planta. Además, actúa como activador para las enzimas que intervienen en la síntesis de los ácidos nucleicos; una deficiencia de este elemento se manifiesta en clorosis (Devlin, 1976). Su empleo en un programa de nutrición, puede resultar más barato que la adición de productos a

base de hormonas vegetales que permiten mantener el verdor de las hojas en postcosecha (Whitman, Heins, Moe, & Funnell, 2001).

Por otra parte, la nutrición con zinc favorece el crecimiento y aumenta la calidad de la planta en diversas especies (Sarwar, Jilani, Rafique, Akhtar, & Chaudhry, 2012). Particularmente, beneficia el crecimiento de la planta, la producción y características florales de gladiolo (*Gladiolus* spp.) (Saeed, Hassan, Jilani, & Akhtar, 2013). Es un activador de ciertas enzimas como la deshidrogenasa (DH), la superóxidodismutasa (SOD) y ARN polimerasa; y su deficiencia reduce la fotosíntesis neta (Rashid, 2005). Por tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto benéfico de la fertilización al sustrato con diferentes dosis de la solución de Steiner y foliar a base de magnesio y zinc en el tamaño del tallo y el verdor de las hojas de *Lilium*.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, México, ubicada a los 19° 24' 29.32" norte y 99° 41' 22.39" oeste, se estableció liliis 'Acapulco', calibre 18-20, del 20 de abril al 3 de agosto de 2012; y liliis 'Serrada' calibre 14-16, de octubre 12 al 30 de diciembre de 2013. El sustrato utilizado para ambos cultivares fue agrolita, el cual se colocó en bolsas de polietileno color negro con dimensiones de 0.3 x 0.3 m; en cada bolsa se plantó un bulbo para cv. Acapulco y 2 bulbos para cv. Serrada. Se emplearon bulbos vernalizados que se adquirieron en la empresa "Bulbos de Holanda". Previo a la plantación, los bulbos se desinfectaron con una solución de Orthodifolathan (Captan) 1 g·litro⁻¹ durante 5 min. El diseño del invernadero (Rodríguez-Landero et al., 2012) y la disposición de

las macetas en ambos ciclos de cultivo permitió que el diseño experimental, en ambos ciclos, fuera completamente al azar.

La fertilización al suelo en ambos cultivos se basó en la solución nutritiva de Steiner (1961) (Cuadro 1), que se aumentó 40 veces más para igualar la fertilización nitrogenada sugerida para *Lilium* (Franco et al., 2009). Además, de manera general, y por tanto no involucrados en el análisis experimental, se aportó foliarmente Ca ($130 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$) y B ($30 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$), cada quince días; (Rodríguez-Landeros et al., 2012), esta aplicación no coincidió con la de Zn y Mg en experimentación. Los riegos por maceta fueron de 100 ml cada tercer día hasta la cosecha para el cv. Serrada. En el caso del cv. Acapulco, el riego fue de 100 ml por maceta, cada tercer día hasta la aparición de los primeros botones florales; posteriormente, y hasta la cosecha se aumentó a 200 ml por maceta cada tercer día. El cultivo se cubrió con malla sombra para evitar daños por alta intensidad luminosa. Los dos ciclos de cultivo se monitorearon adecuadamente para evitar el ataque de plagas y enfermedades y que pudieran modificar los datos obtenidos.

Experimento 1. Cv. Acapulco

Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo, el experimento involucró dos factores, siendo ellos la solución nutritiva y la fertilización foliar. Se emplearon dos dosis de solución nutritiva Steiner, 10 y 20 ml por maceta, y tres dosis de fertilización foliar a base de Zn y Mg 0-0, 72-80 y 144-160 $\text{mg}\cdot\text{litro}^{-1}$, respectivamente; es decir, en total se evaluaron 6 tratamientos. La fertilización al sustrato inició a los 20 días después de la plantación (DDP) y posteriormente se aplicó a intervalos de 10 días durante

todo el ciclo de la planta, hasta su cosecha. La aplicación de los nutrimentos foliares en experimentación (Zn y Mg) se programó para realizarse a partir de los 35 DDP, cuando las hojas empezaban a expandirse, de manera alternada cada 15 d durante todo el ciclo del cultivo. La aplicación del fertilizante foliar fue hasta punto de goteo. Cada tratamiento tuvo más de 50 plantas pero solo se tomaron datos de 10 de ellas, distribuidas aleatoriamente, durante el crecimiento.

Crecimiento

A los 35, 55, 75 y 95 DDP, se realizaron cuantificaciones en la altura (cm) de 10 plantas por tratamiento con un flexómetro, midiendo desde la base del tallo (inicio del sistema radicular adventicio caulinar) hasta el ápice de la planta (incluyendo el botón floral, cuando se presentó).

Unidades SPAD

La lectura SPAD o índice de verdor se midió con un medidor SPAD (Mod. 502, Konica Minolta) en hojas completamente extendidas a los 43, 63, 83 y 103 DDP. Los valores se obtuvieron de 10 plantas (repeticiones) por tratamiento, en 5 hojas de la parte intermedia de cada tallo.

Experimento 2. Cv. Serrada

De acuerdo a los resultados con *Lilium* cv. Acapulco, para *Lilium* cv. Serrada se experimentó solo con la fertilización foliar, pero en este caso se ampliaron los rangos de las dosis: 0-0; 72-160; 144-80; 144-160; 288-320 y 432-480 mg·litro⁻¹ de Zn y

Mg, respectivamente. Al sustrato se adicionaron 10 ml de la solución de Steiner (aumentada 40 veces) a la maceta. Las unidades experimentales fueron iguales que cv. Acapulco. El crecimiento de la planta y las unidades SPAD se cuantificaron a los 35, 55 y 75 DDP, la medición se estos parámetros y la aplicación de nutrimentos foliares se realizó igual que el experimento 1.

Análisis Estadístico

Todos los datos se analizaron bajo un diseño completo al azar. Para el experimento con *Lilium* 'Acapulco' se analizó primero de manera bifactorial con los factores dosis de Steiner, con dos niveles y dosis de Zn y Mg con tres niveles. Posteriormente, debido a que el factor Steiner afectó negativamente la altura de la planta; el experimento de *Lilium* 'Serrada' sólo estudió el factor dosis de Zn y Mg foliar, con seis niveles. Cuando el valor de F fue significativo, la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1. Cv. Acapulco

Crecimiento

Tanto la dosis de Steiner como de la aplicación foliar de Zn y Mg comenzaron a afectar la altura de las plantas de *Lilium* a partir de los 55 DDP. Sin embargo, la interacción zinc y magnesio por solución Steiner no fue significativa para esta variable en ninguna fecha (Cuadro 2).

Se observó que la mayor cantidad de nutrimentos vía sustrato, es decir la solución de 20 ml de solución Steiner, generó menor altura de planta (Cuadro 3), lo cual incide en la calidad del producto, ya que a mayor altura de plantas, están entran un nivel superior de calidad (Bañon et al., 1993). Artacho-Vargas & Pinochet-Tejos (2008) indicaron que el efecto de la aplicación de N en tulipán en relación a la acumulación de materia, se puede explicar con una ecuación de tercer grado. Esto quiere decir, que al llegar a un punto máximo, el efecto del fertilizante deja de ser positivo para pasar a negativo o, en este caso, generar menor altura.

En este trabajo se adicionó no solamente N al sustrato, por lo que existieron diferentes interacciones entre nutrimentos-planta; sin embargo, se confirma el efecto adecuado de limitar la adición de N a 0.3 g/maceta/15 d en *Lilium*(Rodríguez-Landero *et al.*, 2012). No aumentar la dosis de N genera beneficio económico al floricultor y reduce el impacto al ambiente (Trinidad & Aguilar, 1999; Ortega-Blu *et al.*, 2006; Franco *et al.*, 2009).

Por otro lado, a partir de 55 DDP, con la aplicación de 144 mg·litro⁻¹ de Zn y 160 mg·litro⁻¹ de Mg, las plantas tuvieron al menos 4 cm de mayor altura que las plantas fertilizadas foliarmente con las otras dos dosis (Cuadro 4). Saeed *et al.* (2013) observó que en gladiolo, la aplicación de 4, 6 u 8 mg de Zn por Kg⁻¹ suelo generaron mayor producción de biomasa en 2 años de cultivo en comparación con el control. Además, con 4 y 6 mg de Zn por Kg⁻¹ suelo en 2010 y con 2, 4 ó 6 mg de Zn por Kg⁻¹ suelo en 2011, alargó el tamaño de la espiga floral en relación al control. En el mismo sentido, en frijol mungo (*Vigna radiata*), la aplicación de 1 y 2 mM de Zn generó mayor altura de la planta en 3 cultivares en relación a la ausencia de este

elemento en la solución nutritiva (Samreen, Humaira, Ullah, Ullah, & Javid, 2013). También en gladiolo y *Vigna radiata* la adición de Zn incrementó el tamaño de sus flores (Kumar, Singh, & Misra, 2003; Samreen et al., 2013). El mayor tamaño de diversos órganos vegetales al aplicar Zn posiblemente se deba al efecto del Zn en mantener un correcto balance hormonal. De ahí, que posiblemente los procesos de división y, sobre todo, alargamiento celular sean positivamente influenciados (Clark, & Zeto, 2000). Además, el Zn está relacionado con la actividad fotosintética y por ende a mayor cantidad de fotosintatos promueven el crecimiento (Sharma, Chatterjee, Agarwala, & Sharma, 1990; Kaya, Atak, Mahmood, Ciftci, & Özcan, 2005; Nadergoli, Yarnia, & Khoei, 2011).

Por otro lado, en el caso del Mg, se ha encontrado que una baja concentración de este elemento en cítricos disminuye la altura de la planta (Xiao, Hu, Chen, Yang, & Hua, 2014), además, en vid (*Vitis vinifera*), la limitación de Mg se relaciona con baja tasa fotosintética y producción de glucosa (Hermans, & Verbruggen, 2005). De manera muy correlacionada, en el cultivo de palmarosa (*Cymbopogon martinii* Roxb) la aplicación foliar de magnesio y zinc, además de otros nutrimentos (B, Mn y Fe), incrementó la altura de la planta y el número de hojas (Rao, & Rajput, 2011). Esto indicaría que su correcta aplicación se involucre con mayor crecimiento.

Índice de verdor

El anova no mostró diferencias significativas por efecto de la dosis de Steiner (datos no mostrados). Por otro lado, la adición de Zn y Mg si tuvo efectos significativos ($P \leq 0.05$) en el índice de verdor, a 63 y 103 DDP, el control generó menor índice de

verdor que aquel observado en las hojas de *Lilium* 'Acapulco' fertilizado foliarmente con 144 mg·litro⁻¹ de Zn y 160 mg·litro⁻¹ de Mg (Cuadro 5).

Los valores de índice de verdor ayudan a explicar el mayor tamaño del tallo, ya que la aplicación conjunta de Mg y Zn generó mayor índice de verdor que el control en dos fechas de medición i.e. 63 y 103 DDP. Se considera que la influencia de la tasa de fotosíntesis y el correcto balance hormonal explican la mayor altura del tallo y el mayor índice de verdor al aplicar Zn y Mg (Whitman *et al.*, 2001; Rao, & Rajput, 2011).

Experimento 2. Cv. Serrada

En el caso del cv. Serrada, se encontraron diferencias estadísticas para altura de la planta y lecturas SPAD. Se confirmó que la aplicación de Zn y Mg incrementó la altura de la planta ya que existió diferencia significativa durante todo el desarrollo de cultivo. Al día del corte las dosis 144-160 y 72-160 mg·litro⁻¹ de Zn y Mg, respectivamente, superaron al control (Figura 1).

Se observa que con la aplicación de 432 mg·litro⁻¹ de Zn y 480 mg·litro⁻¹ de Mg, la altura de la planta fue estadísticamente similar que con la aplicación de 144 mg·litro⁻¹ de Zn y 160 mg·litro⁻¹ de Mg. Obviamente, la aplicación de la dosis alta usada en este experimento no es económicamente viable, si se compara con el costo de la dosis de 72 mg·litro⁻¹ de Zn y 160 mg·litro⁻¹ de Mg.

Unidades SPAD

De forma general, en *Lilium* 'Serrada' la aplicación foliar de los nutrimentos en estudio no generó efecto positivo en el índice de verdor de las hojas (Cuadro 6). Lo cual es contrario a lo indicado previamente en *Lilium* 'Acapulco'. De manera similar,

Ortega-Blu *et al.* (2005) encontró que los efectos positivos de una fertilización para un cultivar, podrían no presentarse en otro. Por tal motivo se recomiendan estudios particulares por cultivar.

El no observar efectos positivos de Mg y Zn en la fotosíntesis, no inhibió el efecto en el largo del tallo, lo cual, sugiere que el tamaño este influenciado también por otros factores, posiblemente hormonales (Whitman *et al.*, 2001), particularmente más en *Lilium* 'Serrada', en relación a lo observado en *Lilium* 'Acapulco'.

CONCLUSIONES

En *Lilium* 'Acapulco' los parámetros de calidad, altura de la planta y el índice de verdor mostraron diferencias significativas, por el efecto de la aplicación foliar de 144 mg·litro⁻¹ de Zn y de 160 mg·litro⁻¹ de Mg. Mientras que para *Lilium*'Serrada' se recomienda la dosis de 72 mg·litro⁻¹ de Zn y 160 mg·litro⁻¹ de Mg para una mayor altura de la planta y en las unidades SPAD no se encuentra efecto positivo con la aplicación de Zn y Mg. En ambos cultivares se sugiere la aplicación al sustrato de 10 ml de la solución de la solución de Steiner aumentada 40 veces.

LITERATURA CITADA

Ahmad, I., Doleb, J. M., & Nelson, P. (2012). Nitrogen application rate, leaf position and age affect leaf nutrient status of five specialty cut flowers. *Scientia Horticulturae* 142, 14-22. doi:10.1016/j.scienta.2012.04.009

- Artacho-Vargas, P., & Pinochet-Tejos, D. (2008). Producción de materia seca y absorción de nitrógeno del cultivo del tulipán (*Tulipa gesneriana* L). *Agrociencia* 42, 37-45. Obtenido de: <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2008/ene-feb/art-5.pdf>
- Bañon A. S., González, J. A., Fernández, A., & Cifuentes, D. (1993). *Gerbera, Liliun, tulipan y rosa*. Barcelona, España: Mundi-Prensa, 250 p.
- Bernstein, N., Ioffe, M., Luria, G., Bruner, M., Nishri, Y., Philosoph-Hadas, S., Salim, S. Dori, I., & Matan, E. (2011). Effects of K and N nutrition on function and production of *Ranunculus asiaticus*. *Pedosphere* 21, 288-301. doi:10.1016/S1002-0160(11)60129-X
- Betancourt-Olvera, M., Rodríguez-Mendoza, M. N., Sandoval-Villa, M., & Gaytán-Acuña, E. A. (2005). Fertilización foliar una herramienta en el desarrollo del cultivo de liliun cv. Stargazer. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11, 371-378. doi: dx.doi.org/1111
- Burchi, G., Prisa, D., Ballarin, A., & Menesatti, P. (2010). Improvement of flower color by means of leaf treatments in Lily. *Scientia Horticulturae* 125, 456–460. doi:10.1016/j.scienta.2010.04.028
- Clark, R. B. & Zeto, S. K. (2000). Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition* 23, 867-902. doi: 10.1080/01904160009382068
- Devlin, R. M. (1976). Fisiología vegetal. Barcelona, España: Omega.
- Franco, M. O., Torres, M. E., Morales, R. E. J. & Pérez, L. D. J. (2009). Vida en florero de *Lilium* 'Brindisi' y 'Menorca' fertilizado con nitrato y oxido de calcio. *Ciencias Agrícolas Informa* 18, 4-12. Disponible en:

- https://www.researchgate.net/publication/262729404_Vida_en_florero_de_Lilium__Brindisi_y_Menorca_fertilizado_con_nitrato_y_oxido_de_calcio
- Gaytán-Acuña, E. A., Ochoa-Martínez, D. L., García-Velasco, R., Zavaleta-Mejía, E., & Mora-Aguilera, G. (2006). Producción y calidad comercial de flor de crisantemo. *Terra Latinoamericana* 24, 541-548. Obtenido de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57324412>
- Hermans, C. & Verbruggen, N. (2005). Physiological characterization of Mg deficiency in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Experimental Botany* 56, 2153–2161. doi: 10.1093/jxb/eri215
- Kaya, M., Atak, M., Mahmood, K., Ciftci, Y., & Özcan, S. (2005). Effect of pre-sowing seed treatment with zinc and foliar spray of humic acids on yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Agriculture & Biology* 6, 875–878. Disponible en: http://www.academia.edu/2663692/Effect_of_pre-sowing_seed_treatment_with_zinc_and_foliar_spray_of_humic_acid_on_yield_of_common_bean_Phaseolus_vulgaris_L._
- Kham, M. A. & Ahmad, I. (2004). Growth and flowering of *Gladiolus hortulanus* L. cv. Wind Song as Influenced by Various Levels of NPK. *International Journal of Agriculture & Biology* 6: 1037–1039. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266033621_Growth_and_Flowering_of_Gladiolus_hortulanus_L._cv._Wind_Song_as_Influenced_by_Various_Levels_of_NPK
- Kumar, R., Singh, G. N., & Misra, R. L. (2003). Effect of boron, calcium and zinc on gladiolus. *Journal of Ornamental Horticulture. New Series* 6, 104–106. Disponible en:

<http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:joh&volume=6&issue=2&article=005>

Miller W. B. (2014). Postharvest of *Lilium*: experiment to industrial adaptation. In Abstracts of the Third International Symposium on the Genus *Lilium*. April 1-3, 2014, Zhangzhou, China p 28.

Nadergoli, M. S., Yarnia, M., & Khoei F. R. (2011). Effect of zinc and manganese and their application method on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Khomein. *Middle-East Journal of Science Research* 8, 859-865. Disponible en: [http://www.idosi.org/mejsr/mejsr8\(5\)11/3.pdf](http://www.idosi.org/mejsr/mejsr8(5)11/3.pdf)

Ortega-Blu, R., Correa-Benguria, M., & Olate-Muñoz, E. (2006). Determinación de las curvas de acumulación de nutrientes en tres cultivares de *Lilium* spp. para flor de corte. *Agrociencia* 40, 77-88. Disponible en: <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2006/ene-feb/art-8.pdf>

Rao, B. R. R., & Rajput, D. K. (2011). Response of palmarosa (*Cymbopogon martinii* Roxb.) Wats. var. motia Burk to foliar application of magnesium and micronutrients. *Industrial Crops & Products* 33, 277-281. doi:10.1016/j.indcrop.2010.12.020

Rashid, A. (2005). *Secondary and micronutrients. Soil Science*. Islamabad, Pakistan: National Book Foundation

Rodriguez-Landero, A. Del C., Franco-Mora, O., Morales-Rosales, E. J., Pérez-López, D. De J., & Castañeda-Vildózola, A. (2012). Efecto del 1-MCP en la vida poscosecha de *Lilium* spp. fertilizado foliarmente con calcio y boro.

- Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3, 1623-1628. Disponible en:
www.inifap.gob.mx/Documents/revistas/rmca/vol3_num8_2012.pdf
- Rodríguez-Mendoza, M. N., Osorio-Rosales, B., Trejo-Téllez, L. I., Arévalo-Galarza, M. L., & Castillo-González, A. M. (2011). Producción organomineral de tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) para flor de corte. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17, 117-127. doi: 10.5154/r.rchsh.2011.17.023
- Saeed, T., Hassan, I., Jilani, G., & Akhtar, A. N. (2013). Zinc augments the growth and floral attributes of gladiolus, and alleviates oxidative stress in cut flowers. *Scientia Horticulturae* 164, 124-129. doi: 10.1016/j.scienta.2013.09.017
- Salazar-Orozco, G., Ruiz-Sánchez, M. C., Valdez-Aguilar, L. A., Pistelli, L., Ruíz-Olmos, C., & Grassotti, A. (2013). Influencia de la fertilización nitrogenada y potásica en la calidad aromática de flores de *Lilium* 'Starfighter'. *ITEA* 109, 3-12. Disponible en: [http://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2013/109-1/\(001-132\)%20ITEA%20109-1.pdf](http://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2013/109-1/(001-132)%20ITEA%20109-1.pdf)
- Samreen, T., Humaira, Hamid Ullah Shah, H. U., Ullah, S., Javid, M. (2013). Zinc effect on growth rate, chlorophyll, protein and mineral contents of hydroponically grown mungbeans plant (*Vigna radiata*). *Arabian Journal of Chemistry*. doi: . 10.1016/j.arabjc.2013.07.005
- Sarwar, M., Jilani, G., Rafique, E., Akhtar, M. E., & Chaudhry, A. N. (2012). Impact of integrated nutrient management on yield and nutrient uptake by maize under rain-fed conditions. *Pakistan Journal of Nutrition* 11, 27-33. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/233421670_Impact_of_integrated_

nutrient_management_on_yield_and_nutrient_uptake_by_maize_under_rain-fed_conditions

Sharma, P. N., Chatterjee, C., Agarwala, S. C., & Sharma, C. P. (1990). Zinc deficiency and pollen fertility in maize (*Zea mays*). *Plant Nutrition & Physical Application* 124, 261-265.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), (2012). Garantizada la disponibilidad de flores para cubrir la demanda nacional. Comunicado de prensa Num.098/12. México, D.F., 14 de febrero de 2012.

Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant & Soil*. 15, 134-154. Disponible en: <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF01347224>

Treder, J. (2005). Growth and quality of oriental lilies at different fertilization levels. *Acta Horticulturae* 673, 297-302. Disponible en: http://www.ishs.org/ishs-article/673_37

Trinidad, S. A. & Aguilar, M. D. (1991). Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana* 17, 247-255. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317309>

Whitman, C. M., Heins, R. D., Moe, R., & Funnell, K. A. (2001). GA₄₊₇ plus benzyladenine reduce foliar chlorosis of *Lilium longiflorum*. *Scientia Horticulturae* 89, 143-154. doi: 10.1016/S0304-4238(00)00238-7

Xiao, J. X., Hu, C. Y., Chen, Y. Y., Yang, B., & Hua, J. (2014). Effects of low magnesium and an arbuscular mycorrhizal fungus on the growth, magnesium

distribution and photosynthesis of two citrus cultivars. *Scientia Horticulturae* 177, 14-20. Doi: 10.1016/j.scienta.2014.07.016

Ying, K., Bai, J.R., Kong, X.D., Dou, X.Y., & Wang, N. Y. (2014). Floral scent composition of *Lilium* 'Regale'Wilson. *Acta Horticulturae* 1027, 81-86. Disponible en: http://www.ishs.org/ishs-article/1027_8

Cuadro 1. Composición de la solución Steiner aplicada al sustrato en cultivo de *Lilium*, ciclos 2012 y 2013.

Compuesto (sal)	ppm	g·litro ⁻¹
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	989	39.56
Mg SO ₄ · 7H ₂ O	494	19.76
KNO ₃	100	4.00
K ₂ SO ₄	350	14.00
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.1	0.004
H ₃ BO ₃	2.5	0.1
Fe ₂ (SO ₄) ₃ · H ₂ O	12	0.48
MnSO ₄ · H ₂ O	6	0.24
H ₂ Mo ₄ . H ₂ O	0.02	0.0008
ZnSO ₄ . 7H ₂ O	1	0.04
KH ₂ PO ₄	136	5.44
Steiner (1961).		

Cuadro 2. Análisis de varianza para altura de planta en *Lilium* 'Acapulco' fertilizado foliarmente con zinc y magnesio y al sustrato con solución Steiner, 2012.

Factor	Día	S.C	gl	MC	F
	35	20.7	1	20.7	1.06 NS
Steiner (S)	55	513.3	1	513.3	7.1 **
	75	139.8	1	139.8	7.3 **
	95	576.2	1	576.2	7.9 **
Zn – Mg (ZM)	35	74.4	2	37.2	1.9 NS
	55	826.5	2	413.3	5.7 **
	75	225.7	2	112.9	5.9 **
	95	693.8	2	346.9	4.8 **
S x ZnMg	35	32.3	2	16.2	NS
	55	142.9	2	71.4	NS
	75	70.6	2	35.3	NS
	95	48.3	2	24.1	NS

^zValores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

NS, *, **, no significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 respectivamente

Cuadro 3. Altura de la planta en *Lilium* 'Acapulco', fertilizado con solución Steiner al sustrato.

Día	10 ml	20 ml	Significancia
35	22.8	21.6	NS
55	53.8	47.5	**
75	89.0	82.3	**
95	98.3	95	**

Los valores son la media de 10 repeticiones, una planta por repetición. **

Significativo al 0.01; NS, no significativo al 0.05.

Cuadro 4. Altura de la planta en *Lilium* 'Acapulco' al aplicar zinc y magnesio.

Dosis Zn – Mg (mg·litro ⁻¹)	35	55	75	95
0 – 0	21.2 a	48.1 b	82.3 b	95.6 b
72 – 80	21.5 a	47.1 b	83.1 b	94.1 b
144-160	23.9 a	56.5 a	90.9 a	99.5 a

Los valores son la media de 10 repeticiones, una planta por repetición. Valores con letras iguales no son diferentes con la prueba de Tukey al 0.05.

Cuadro 5. Efecto de la fertilización con solución Steiner, zinc y magnesio sobre lecturas SPAD en *Lilium* 'Acapulco'.

Día después de plantación	Tratamiento Zn – Mg (mg·litro ⁻¹)	Lecturas SPAD
	0 - 0	24.1 ab
43	72 - 80	23.3 b
	144 - 160	27.5 a
	0 - 0	46.1 b
63	72 - 80	47.8 ab
	144 - 160	49.9 a
	0 - 0	44.6 b
83	72 - 80	48.2 a
	144 - 160	47.0 ab
	0 - 0	40.5 b
103	72 - 80	46.3 a
	144 - 160	44.4 a
	0 - 0	

Los valores son la media de 10 repeticiones, una planta por repetición. Valores con letras iguales no son diferentes con la prueba de Tukey al 0.05.

Cuadro 6. Efecto de la fertilización con solución Steiner, zinc y magnesio sobre lecturas SPAD en *Lilium* cv. 'Serrada', días después de plantado (DDP).

Día	Tratamiento Zn – Mg (mg·litro ⁻¹)	Lecturas SPAD
35	144 -160	51.5 b
	288 - 320	53.2 ab
	432 - 480	54.6 a
	144 - 80	53.1 ab
	72 - 160	56.1 a
	0 - 0	54.5 ab
55	144 -160	55.3 a
	288 - 320	54.3 a
	432 - 480	54.4 a
	144 - 80	54.9 a
	72 -160	52.6ab
	0 - 0	49.9 b
75	144 -160	51.5 b
	288 - 320	53.2 ab
	432 - 480	54.6 a
	144 - 80	53.1 ab
	72 -160	56.1 a
	0 - 0	54.6 ab

Los valores son la media de 10 repeticiones, una planta por repetición. Valores con letras iguales no son diferentes con la prueba de Tukey al 0.05.

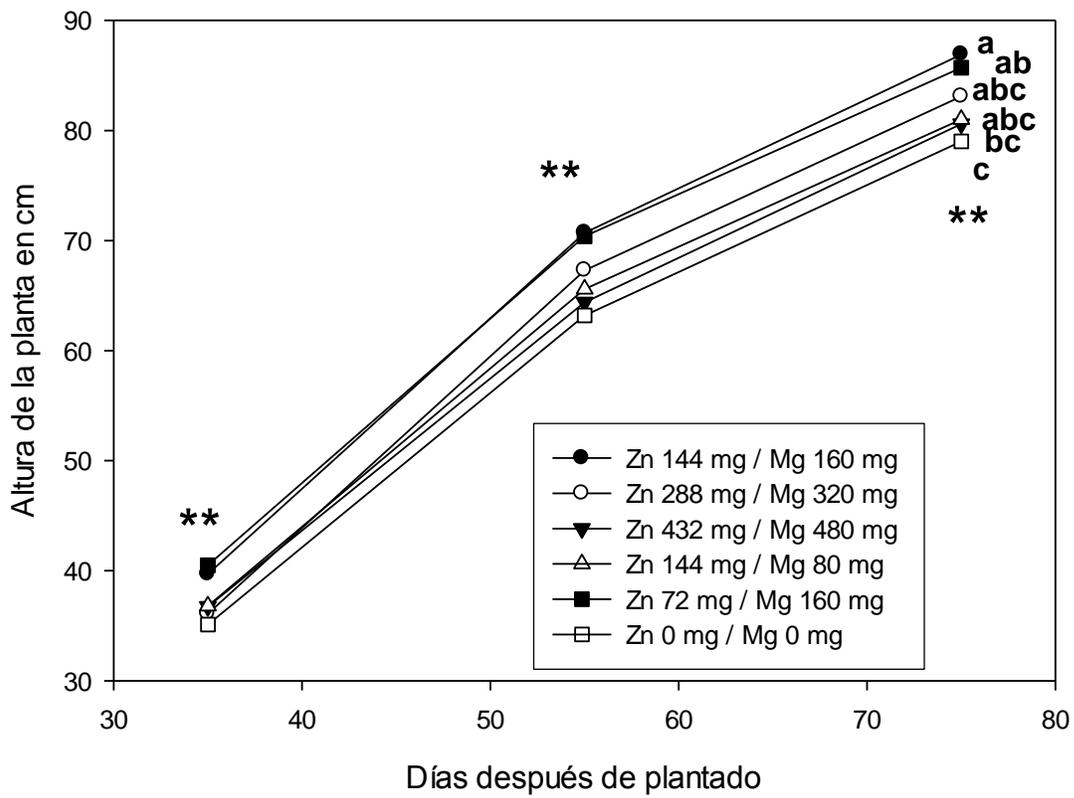


FIGURA 1. Cinética en el crecimiento de *Lilium* 'Serrada' fertilizados con solución Steiner, zinc y magnesio. Los datos son la media de 10 repeticiones \pm E. E.

4.2. Postcosecha.

4.2.1. 'Acapulco'

En *Lilium* 'Acapulco' no se observaron diferencias significativas en unidades SPAD, diámetro de flor, color de tépalos y materia seca en ninguna de las variables en las fechas evaluadas (0, 4, 8 y 12 días después del corte), como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Efecto de la fertilización con solución Steiner, zinc y magnesio sobre unidades SPAD, diámetro de la flor, área foliar (cm²) y materia seca en *Lilium* cv. 'Acapulco', días poscosecha.

Día	Tratamiento Zn:Mg (mgL ⁻¹)	Unidades SPAD	Diámetro de flor (cm)	Materia seca (%)
0	0 - 0	55.0 a	2.5 a	12.5 a
	72 - 80	56.5 a	2.5 a	13.2 a
	144 - 160	55.1 a	2.5 a	12.9 a
4	0 - 0	56.9 a	18.0 a	12.3 a
	72 - 80	56.2 a	17.5 a	11.9 a
	144 - 160	53.1 a	16.2 a	11.7 a
8	0 - 0	55.4 a	15.8 a	12.1 a
	72 - 80	53.9 a	13.5 a	12.2 a
	144 - 160	55.3 a	14.9 a	11.6 a
12	0 - 0	55.7 a	10.8 a	10.9 a
	72 - 80	50.7 a	11.5 a	10.7 a
	144 - 160	54.9 a	11.5 a	10.6 a

Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $p \leq 0.05$

4.2.1.1. Peso fresco

El peso fresco se incrementó a partir del día 4, alcanzando su valor promedio más alto de 116.24 % (91.40 g), cuando el botón floral abre completamente. Para los días 8 y 12 decrece en promedio a 104.66 % (82.30 g) y 91.82 % (72.20 g), respectivamente. Lo anterior coincide con lo observado en otras especies, como resultado de un aumento del turgor de las células de los tépalos, necesario para lograr una adecuada apertura floral. Para los días 8 y 12 decrece el valor del peso fresco, debido a la pérdida del peso del tallo a consecuencia de la respiración y transpiración durante la senescencia y la abscisión de los tépalos (Villaseca, 2005; Verdugo *et al.*, 2006).

4.2.1.2. Unidades SPAD

Los datos de SPAD no reflejan la cinética observada en precosecha, en donde el tratamiento 144-160 y 72-80 mg litro⁻¹ Zn-Mg superaban el valor SPAD de las plantas control. Lo cual sugiere que finalmente las plantas alcanzan un máximo de verdor a cosecha sin necesidad de la aplicación de los nutrimentos evaluados. Además los resultados indican que Mg y Zn no influyen en el área foliar ni en el contenido de materia seca. Su efecto en la altura de planta debe estudiarse de manera particular.

A pesar de no haber diferencias significativas se aprecian valores más altos con el tratamiento 10 ml-144 mg-160 mg de solución Steiner, zinc y magnesio con respecto al control durante los muestreos a los 0, 4, 8, y 12 días (Cuadro 5). Los datos

anteriores son menores a lo observado por Treder (2005); Betancourt-Olvera (2005). Esto pudiera ser de acuerdo a la variedad (Ortega-Blu, *et al.*, 2006).

4.2.1.3. Diámetro de flor

A pesar de la mayor altura de los tallos de liliium fertilizados con la dosis 144 y 160 mg litro⁻¹. Los datos relacionados al diámetro de la inflorescencia no muestran diferencias significativas estadísticamente. La cinética del diámetro de la flor central en postcosecha indica que la mayor apertura ocurrió al día 4 después del corte.

4.2.1.4. Materia seca

De la misma manera, no se encontró diferencia significativa en ninguna de las fechas evaluadas debido a la aplicación de Mg y Zn sobre la materia seca obtenida en liliium 'Acapulco. Esto sugiere que el mayor tamaño de los tallos generado por la aplicación de Zn y Mg, no se debe a una acumulación de materia seca. Durante la vida en florero, el porcentaje de materia seca decrece con el paso de la vida en florero.

4.2.1.5. Color de tépalos

En el experimento no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Se puede apreciar que la luminosidad desciende del día 0 al 8 y se observa un incremento al día 12 en 0-0 y 72-80; este incremento es al día 8 en 144-160. El color

a* se incrementa del día 0 al 4 y desciende a los días 8 y 12. Por su parte el color b*, desciende con diferentes patrones entre tratamientos (Cuadro 6).

Al no encontrar diferencias entre tratamientos pudiera explicarse debido a que las flores son órganos con baja tasa de transpiración, en comparación con las hojas y se caracterizan por tener bajas tasas de translocación de elementos minerales, Marschner (1995) en el caso del Mg y el Zn se acumulan principalmente en tallos y hojas (Ortega-Blu *et al.*, 2006).

Cuadro 6. Efecto de la fertilización con solución Steiner, zinc y magnesio, sobre parámetros de color en la flor de *Lilium* cv. Acapulco en días poscosecha.

	Día	Tratamiento Zn:Mg (mgL ⁻¹)		
		0 - 0	72 - 80	144 - 160
L	0	63.3 a	61.5 a	67.3 a
	4	49.9 a	49.7 a	50.0 a
	8	48.0 a	48.8 a	52.2 a
	12	54.0 a	50.2 a	55.0 a
a	0	-2.4 a	3.7 a	-3.6 a
	4	39.1 a	39.6 a	37.9 a
	8	29.4 a	27.8 a	30.4 a
	12	11.9 a	23.6 a	13.6 a
b	0	22.6 a	21.3 a	23.5 a
	4	8.5 a	8.4 a	8.6 a
	8	5.1 a	11.9 a	6.3 a
	12	15.0 a	7.1 a	9.1 a
Hue	0	93.0 a	80.3 a	91.7 a
	4	12.2 a	11.7 a	13.0 a
	8	8.5 a	25.7 a	12.2 a
	12	53.5 a	23.6 a	39.6 a
Croma	0	23.2 a	26.7 a	24.9 a
	4	40.0 a	40.6 a	39.0 a
	8	30.2 a	31.1 a	31.6 a
	12	21.9 a	27.2 a	18.5 a

Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $p \leq 0.05$

4.2.2. 'Serrada'

En *Lilium* 'Serrada' se observaron diferencias significativas en algunos días sobre las variables postcosecha (Cuadro 7). Para las unidades SPAD, la aplicación de 144-160 mg L⁻¹ Zn-Mg superó al resto de los tratamientos al día 0 y 8 después del corte. Contrario a lo observado en *Lilium* 'Acapulco', para *Lilium* 'Serrada' la aplicación de Zn-Mg si incrementó el IVH en postcosecha; aunque esto no se observó en el tratamiento de fertilización que en precosecha había presentado el mayor valor.

El mantener por mayor tiempo el IVH, es una técnica importante en *Lilium*. La aplicación de micronutrientes es una técnica más barata que la aplicación de productos con GA₄₊₇ y BAP (Bencil adenina) (Whitman *et al.*, 2001; Arrom *et al.*, 2012; Van Door *et al.*, 2011), los cuales mantienen el color verde de hojas de *Lilium*. Aunque zinc y magnesio influyeron positivamente en el crecimiento, esto no se reflejó en el diámetro de la flor, área foliar ni materia seca. Aunque en área foliar hubo diferencias en algunos días estas no fueron consistentes para algún tratamiento.

Respecto a las variables evaluadas en postcosecha tuvieron un comportamiento similar a cv. 'Acapulco', como ya se explicó anteriormente.

Cuadro 7. Efecto de la fertilización con solución Steiner, zinc y magnesio sobre unidades SPAD, diámetro de la flor, área foliar (cm²) y materia seca en *Lilium* 'Serrada', días postcosecha.

Día	Tratamiento Zn:Mg (mgL ⁻¹)	Unidades SPAD	Diámetro de flor (cm)	Materia Seca (%)
0	144 - 160	57.6 a	2.3 a	7.8 a
	288 - 320	50.2 b	2.4 a	7.8 a
	432 - 480	52.6 b	2.5 a	8.0 a
	144 - 80	52.2 b	3.0 a	8.3 a
	72 -160	50.9 b	2.5 a	9.1 a
	0 - 0	49.7 b	2.4 a	8.9 a
	4	144 -160	58.1 a	12.7 a
288 - 320		53.7 a	12.6 a	7.6 a
432 - 480		53.5 a	12.7 a	7.0 a
144 - 80		53.0 a	12.9 a	7.0 a
72 -160		51.9 a	12.3 a	7.2 a
0 - 0		52.6 a	12.5 a	6.2 a
8		144 -160	59.3 a	11.9 a
	288 - 320	51.1 b	11.0 a	7.6 a
	432 - 480	54.4 ab	11.6 a	7.1 a
	144 - 80	52.2 b	11.6 a	6.0 a
	72 - 160	51.4 b	11.6 a	6.6 a
	0 - 0	51.0 b	10.9 a	6.6 a
	12	144 -160	55.5 a	8.2 a
288 - 320		49.0 a	8.9 a	7.4 a
432 - 480		52.3 a	8.5 a	7.6 a
144 - 80		50.9 a	8.2 a	7.7 a
72 -160		51.0 a	9.2 a	7.4 a
0 - 0		50.4 a	8.4 a	7.8 a

Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $p \leq 0.05$

4.2.2.1. Peso fresco

Para el caso de 'Serrada', el peso fresco se incrementó a partir del día 4, alcanzando su valor promedio más alto de 108 % (99.1 g), para el tratamiento 144 mg-160 mg de zinc y magnesio con respecto al control, similar al comportamiento que tuvo 'Acapulco' cuando el botón floral abre completamente. Para los días 8 y 12 decrece el valor del peso fresco, debido a la pérdida del peso del tallo durante la senescencia y la abscisión de los tépalos (Villaseca, 2005; Verdugo *et al.*, 2006).

4.2.2.2. Unidades SPAD

Se aprecian diferencias significativas con valores más altos con el tratamiento 144 mg-160 mg de zinc y magnesio con respecto al control durante los muestreos a los 0 y 8 días (Cuadro 7). Los datos anteriores son menores a lo encontrado por Treder (2005); Betancourt-Olvera (2005). Esto pudiera ser de acuerdo a la variedad (Ortega-Blu *et al.*, 2006).

4.2.2.3. Diámetro de flor

Los datos relacionados al diámetro de la inflorescencia no muestran diferencias significativas estadísticamente. La cinética del diámetro de la flor central en poscosecha indica que la mayor apertura ocurrió al día 4 después del corte, similar al comportamiento en liliium 'Acapulco'.

4.2.2.4. Materia seca

No se encontró diferencia significativa en ninguno de los tratamientos y fechas evaluadas al aplicar Mg y Zn sobre la materia seca obtenida en liliium 'Serrada'. Durante la vida en florero, el porcentaje de materia seca decrece con el paso de la vida en florero.

4.2.2.5. Color de tépalos

En el experimento no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Se puede apreciar que la luminosidad desciende del día 0 al 8 y se observa un incremento al día 12 en 0-0 y 72-80; este incremento es al día 8 en 144-160. El color a^* se incrementa del día 0 al 4 y desciende a los días 8 y 12. Por su parte el color b^* , desciende con diferentes patrones entre tratamientos (Cuadro 8).

Al no encontrar diferencias entre tratamientos pudiera explicarse debido a que las flores son órganos con baja tasa de transpiración, en comparación con las hojas y se caracterizan por tener bajas tasas de translocación de elementos minerales, Marschner (1995) en el caso del Mg y el Zn se acumulan principalmente en tallos y hojas (Ortega-Blu *et al.*, 2006).

Cuadro 8. Efecto de la fertilización con solución Steiner, zinc y magnesio, sobre parámetros de color en la flor de *Lilium* cv. Serrada en días poscosecha.

	Día	Tratamiento Zn:Mg (mgL ⁻¹)					
		0 - 0	72 - 160	144 - 80	144 - 160	288 - 320	432 - 480
L	0	68.7 a	72.1 a	72.4 a	72.2 a	71.9 a	73.7 a
	4	74.7 a	75.3 a	74.9 a	74.5 a	73.8 a	74.6 a
	8	72.0 a	73.3 a	72.3 a	73.9 a	71.9 a	73.3 a
	12	63.5 a	63.7 a	65.8 a	63.5 a	64.6 a	61.3 a
a	0	-8.8 a	-6.8 a	-10.9 a	-11.6 a	-11.5 a	-10.7 a
	4	1.7 a	1.4 a	1.5 a	0.6 a	0.1 a	0.5 a
	8	1.9 a	1.6 a	2.0 a	1.9 a	2.6 a	2.6 a
	12	6.5 a	5.2 a	7.4 a	7.3 a	4.9 a	5.5 a
b	0	65.1 a	62.5 a	31.9 a	60.3 a	65.7 a	57.9 a
	4	71.1 a	75.9 a	70.0 a	69.5 a	67.7 a	68.5 a
	8	60.5 a	61.4 a	60.7 a	61.2 a	59.5 a	54.9 a
	12	49.1 a	46.9 a	53.7 a	49.5 a	45.7 a	47.4 a
Hue	0	98.6 a	96.4 a	100.1 a	101.0 a	100.5 a	100.4 a
	4	88.7 a	88.9 a	88.7 a	89.5 a	89.9 a	89.5 a
	8	88.2 a	66.1 a	88.1 a	88.2 a	87.3 a	87.2 a
	12	82.5 a	83.8 a	82.1 a	81.6 a	83.9 a	83.5 a
Croma	0	66.0 a	62.9 a	62.8 a	61.4 a	66.9 a	58.9 a
	4	71.1 a	75.9 a	70.1 a	69.5 a	67.7 a	68.5 a
	8	60.5 a	61.4 a	60.8 a	61.2 a	59.6 a	55.0 a
	12	49.5 a	47.2 a	54.2 a	50.0 a	46.0 a	47.8 a

Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con $p \leq 0.05$

5. CONCLUSIONES GENERALES

Se aprecia el efecto positivo de la fertilización foliar con $144 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Zn y de $160 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Mg en *Lilium* cv. 'Acapulco' en la altura de la planta y el índice de verdor ($p \leq 0.05$). Sin embargo, para *Lilium* 'Serrada' se recomienda la dosis de $72 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Zn y $160 \text{ mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ de Mg para una mayor altura de la planta y en las unidades SPAD no se encuentra efecto positivo con la aplicación de Zn y Mg. En ambos cultivares se sugiere la aplicación al suelo 10 ml de la solución de Steiner aumentada 40 veces. Lo anterior sugiere la importancia de fertilizar foliarmente con Zn y Mg para incrementar parámetros de calidad como es la altura de la planta y el verdor de las hojas al momento de la cosecha.

La fertilización foliar a base de Zn y Mg en *Lilium* 'Acapulco' y 'Serrada' no influyó en parámetros de la vida en florero como unidades SPAD, color de tépalos, diámetro de la flor, área foliar y materia seca.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alpi, A., & Tognoni, F. (1999). *Cultivo en invernadero*. Madrid: Mundi-Prensa. 347 p.
- Arnon, D. I., & Stout, P. R. (1939). The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference in copper. *Plant Physiology*, 14, 371-375.
- Arrom, L. & Munné-Bosch, S. (2012). Hormonal regulation of leaf senescence in *Lilium*. *Journal of Plant Physiology*, 169, 1542-1550.
- Artacho-Vargas, P., & Pinochet-Tejos, D. (2008). Producción de materia seca y absorción de nitrógeno del cultivo del tulipán (*Tulipa gesneriana* L). *Agrociencia*, 42, 37-45.
- Ayala, A. J., Castillo G., A. M., Valdez, A. L. A., Colinas, L. M. T., Pineda, P. J., & Avitia, G. E. (2008). Effect of calcium, boron and molybdenum on plant growth and bract pigmentation in poinsettia. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31, 165-172.
- Bañon, S., Cifuentes, D., Fernández, J., & Gonzalez, A. (1993). *Gerbera, Lilium, Tulipán y Rosa*. Madrid: Mundi-Prensa. 250 p.
- Barrantes, I. B. L., & Bertsch, F. (2012). Curvas de absorción de nutrimentos para tres variedades de lirios (*Lilium* sp.) y afinamiento del programa de fertilización en una finca comercial en Heredia, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 36(2), 47-60.
- Barrera-Aguilar, E., Valdez-Aguilar, L. A., Castillo-Gonzalez, A. M., Ibarra-Jiménez, L., Rodríguez-García, R., & Alía-Tejacal, I. (2012). La nutrición potásica

- afecta el crecimiento y fotosíntesis en *Lilium* cultivado en turba ácida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(5), 1011-1022.
- Beattie, D., & White, J. (1993). *Lilium: hybrids and species*. In: the physiology of flower bulbs.
- Bennett, W. F. (1997). *Nutrient deficiencies & toxicity's in crop plants*. Minnesota APS PRESS. The American Phytopathological Society.
- Benton, J., Jr. (2012). *Plant Nutrition and soil fertility manual*. CRC Press, Boca ratón, FL. 282 p.
- Betancourt-Olvera, M., Rodríguez-Mendoza, M. N., Sandoval-Villa, M., & Gaytán-Acuña, E. A. (2005). Fertilización foliar una herramienta en el desarrollo del cultivo de *lilium* cv. Stargazer. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(2), 371-378.
- Biran, H. Z. & Halevy, H.A. (1974). Effects of varying light intensities and temperature treatments applied to whole plants, or locally to leaves or flower buds, on growth and pigmentation of 'Baccara' roses. *Physiology Plant*, 31, 175-179.
- Burchi, G., Prisa, D., Ballarin, A., & Menesatti, P. (2010). Improvement of flower color by means of leaf treatments in Lily. *Scientia Horticulturae*, 125, 456–460.
- Calvo, C. (1989). Atlas de color. Fundamentos y aplicaciones. *Review Agroquímica Technology Alimentary*, 29(1), 15-29.
- Cakman, I. (2000). Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146, 185-205.
- Datnoff, L. E., Elmer, W. H., & Huber, D. M. (2013). *Mineral nutrition and plant disease*. U.S.A., The American Phytopathological Society. 278 p.

- De La Cruz, D. J. A., Sánchez, G. P., Galvis, S. A., & Carrillo, S. J. A. (2011). Índices espectrales en pimiento para el diagnóstico nutrimental de nitrógeno. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 259-265.
- De Lucia, B. L. M., & Ventrelli, A. (2003). Effects of nutrient solution salinity (NaCl) on the yield level and quality characteristics in *Lilium* soilless culture. *Acta Horticulturae*, 609, 401-406.
- De la Riva, M. F. (2011). Poscosecha de flores de corte y medio ambiente. IDESIA (Chile), 29 (3), 125-130.
- Devlin, R. M., (1976). *Fisiología vegetal*. Barcelona, España: Omega. 194 p.
- Dole, M. & Wilkins, H. (2005). *Floriculture: principles and species*. USA. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River. 1022 p.
- Durieux, A., Kamerbee, G., & Meeteren, U. (1982). The existence of a critical period for the abscission and non-critical period for blasting of flower-buds of *Lilium* 'Enchantment', influence of light and ethylene. *Scientia Horticulturae*, 18, 287-297.
- Elgar, H. J., Woolfe, A. B., & Bieleski, R. L. (1999). Ethylene production by three lily species and their response to ethylene exposure. *Postharvest Biology Technology*, 16, 257-267.
- Fageria, N. K. & Gheyi, H. R. (1999). Efficient crop production. Campina Grande, Brazil: Federal University of Parabia. 547 p.
- Favela, CH. E., Preciado, R. P., & Benavides, M. A. (2006). *Manual para la preparación de soluciones nutritivas*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.

- Ferdosi, M. F. H., Jilani, S. A. H., Khan, M. A. & Younis, A. (2014). Effect of NPK on growth and yield attributes of Oriental lily 'Merostar'. In. Abstracts of the Third International Symposium on the Genus *Lilium*. April 1-3, Zhangzhou, China.
- Ferrante, A., Trivellini, A., Scuderi, D., Romano, D., & Vernieri, P. (2015). Post-production physiology and handling of ornamental potted plants. *Postharvest Biology and Technology*, 100, 99-108.
- Filios, P. M., & Miller, W. B. (2012). Ethylene and anti-ethylene technologies in lilies. *Acta Horticulture*, 900, 283-288.
- Franco, O., Jiménez, J. H., Tobar, M. J. R., & Pérez, L. D. J. (2007). Efecto de la aplicación precosecha de calcio y putrescina en el contenido de clorofila foliar durante la floración de *Lilium* ssp. 53ava Reunión Anual del I.S.T.H. Morelia, Michoacán.
- Franco, M. O., Torres, M. E., Morales, R. E. J. & Pérez, L. D. J. (2009). Vida en florero de *Lilium* 'Brindisi' y 'Menorca' fertilizado con nitrato y oxido de calcio. *Ciencias Agrícolas Informa*, 18, 4-12.
- García-Avila, C. d. J. (2012). *Nitrógeno, calcio y magnesio y su relación con el desarrollo, calidad y estado nutricional en Lilium 'Casablanca'*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Edo. De México, México.
- García-Ávila, C. d. J., Castillo-González, A. M., Avitia-García, E., Colinas-León, M. T. B., Trejo-Téllez, L. I. & Vargas-Madriz, H. (2015). Magnesio y su relación con la calidad de *Lilium* cv. Casablanca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(2), 265-276.

- Griesbach, R. J., (1992). Correlation of pH and light intensity on flower color in potted *Eustoma grandiflorum* Grise. *Scientia Horticulture*, 27(7), 817-818.
- Jae-Young, K., Kang-Jun, Ch., Dae-Ki, H., & Sun-Bai, B. (2014). Influence of pre-shooting temperature and duration on big bulb sizes for enhancing cut flower quality of *Lilium* oriental hybrid 'Siberia' *In*. Abstracts of the Third International Symposium on the Genus *Lilium*. April 1-3, Zhangzhou. China. 61 p.
- Jakopic, J., Veberic, R.; Stampar, F. 2007. The effect of reflective foil and hail nets on the lighting, color and anthocyanins of 'Fuji' apple. *Scientia Horticulturae*, 115, 40-46.
- Juárez, H. Ma. de J., Baca, C. G. A., Aceves N. L. A., Sánchez G. P., Tirado T. J. L., Sahagún, C. J., & Colinas De L. M. T. (2006). Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia*, 31(4), 246-253.
- Khan, M. A, & Ahmad, I. (2004). Growth and Flowering of *Gladiolus hortulanus* L. cv. Wind Song as Influenced by Various Levels of NPK. *Internacional Journal of Agriculture & Biology*, 6(6), 1037-1039.
- Kirkby, E. A., & Römheld, V. (2007). Micronutrientes in plant physiology: functions, uptake and mobility. The International Fertilizer Society, United Kingdom.
- Krugh, B., Bichham, L., & Miles, D. (1994). The solid-state chlorophyll meter, a novel instrument for rapidly and accurately determining the chlorophyll concentration in seedling leaves. Maize genetics cooperation. *News Letter*, 68, 25-27.

- Leguizamon, G. V., Gonzalez, L. A., & Baez, S. R. (2005). Grape Anthocyanins (*Vitis vinifera* L.) and their relation to color. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(4), 359-368.
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrient of higher plants*. Academic Press, New York.
- Mengel, K. & Kirkby, E. A. (1982). *Principles of plant nutrition*. International Potash Institute. Bern, Zwitterland. 655 p.
- Miller, W. (1993). Liliun Longiflorum. *In: de Hertogh and Le Nard, M. The physiology of flower bulbs*. Amsterdan, Holanda: Elsevier Scienzie Publishers. 331-422 pp.
- Miller W. B. (2014). Postharvest of Liliun: experiment to industria adaptation. *In. Abstracts of the Third International Symposium on the Genus Liliun*. April 1-3. Zhangzhou, China p 28.
- Mol, J., Jenkins, G., Schafer, E., & Weiss, D. (1996). Signal perception, transduction, and gene expression involved in anthocyanin biosynthesis. *Critical Review Plant Science*, 15, 525-557.
- Ortega-Blu, R., Correa-Benguria, M., & Olate-Muñoz, E. (2006). Determinación de las curvas de acumulación de nutrientes en tres cultivares de *Lilium* spp. para flor de corte. *Agrociencia*, 40, 77-88.
- Pergola, G., & Grassotti, A. (1984). Le technique di coltivazione dei Liliun per la produzione del fiore reciso. Atti. Conv. Liliun Giornatee di floricultura. Viareggio.
- Ranwala, A. P., & Miller, W. B. (2005). Effects of cold storage on postharvest leaf and flower quality of potted Oriental-Asiatic- and LA-hybrid lily cultivars. *Scientia Horticulturae*, 105, 383–392.
- Rees, A. R. (1992). *Ornamental bulbs corms and tubers*. UK: C.A.B International. Universidad de Nottingham, UK. 35 p.

- Rodríguez-Landero, A. Del C., Franco-Mora, O., Morales-Rosales, E. J., Pérez-López, D. De J., & Castañeda-Vildózola, A. (2012). Efecto del 1-MCP en la vida poscosecha de *Lilium* spp. fertilizado foliarmente con calcio y boro. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3, 1623-1628.
- Rodríguez, M. M. N., Alcántar, G. G., Aguilar, S. A., Etchevers, B, J. D., & Santizó, R. J. A. (1998). Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoamericana*, 16(2), 135-141.
- Rodríguez-Mendoza, M. N., Osorio-Rosales, B., Trejo-Téllez, L. I., Arévalo-Galarza, M. L., & Castillo-González, A. M. (2011). Producción organomineral de tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) para flor de corte. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(3), 117-127.
- Rubí, A. M., González, H, A., Castillo, G, A. M., Olalde, P. V., Reyes, R. B. G., & Aguilera, G. L. I. (2009). Respuesta de *Lilium* sp. al fósforo y su relación con *Glomus fasciculatum* y *Bacillus subtilis*. *OYTON*, 78, 91-100.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), (2012). Garantizada la disponibilidad de flores para cubrir la demanda nacional. Comunicado de prensa Num.098/12. México, D.F., 14 de febrero de 2012.
- Salinger, J. P. (1991). *Producción comercial de flores*. Zaragoza, España: Acribia. 371 p.
- Schhmitzer, V., Osterc, G., Veberic, R., & Stampar, F. (2009). Correlation between chromaticity values and major anthocyanins in seven *Acer palmatum* Thunb. cultivars. *Scientia Horticulturae*, 119, 442-446.
- Sharma, C. P. (2006). *Plant micronutrients*. India: Science publishers. 136.137 pp.

- Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil*, 15, 134-154.
- Treder, J. (2005). Growth and quality of oriental lilies at different fertilization levels. *Acta Horticulturae*, 673, 297-302.
- Van Alvorst, A. C. & Bovy, A. G. (1995). The role of ethylene in the senescence of carnation flowers, a review. *Plant Growth Regulation*, 16, 43-53.
- Van Door, W. G. & Han S. S. (2011). Postharvest quality of cut Lily flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 62, 1-6
- Van Tuyl, J.M. & Arens, P. (2010). Liliium: breeding history of the modern cultivar assortment: In: 2nd International symposium on the genus Liliium, Pescia, Italy. In: *Acta Horticulturae*.
- Villaseca M., M. (2005). Postcosecha de la Alstroemeria var. "Irena": determinación de la tasa respiratoria y efecto de la aplicación de etileno. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas.
- Verdugo, G., M., Biggi, A., Montesinos, C., Soriano & G. Chaín. 2006. Manual de postcosecha de flores cortadas. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Fundación para la Innovación Agraria. Chile. 74 p.
- Wang, Y., Xie, Z., Sun, J. & Zhang, F. (2014). Impacts of salt and low temperature stresses on lily (*Lilium* 'Oriental Hybrid' var. Siberia) photosynthesis incorporated with models In: Third International Symposium on the Genus *Lilium*, Zhangzhou, China,
- Weiss, D. 2000. Regulation of flower pigmentation and growth: Multiple signaling pathways control anthocyanin synthesis in expanding petals. *Physiologia Plantarum*, 110, 152-157.

- Whitman, C. M., Heins, R. D., Moe, R., & Funnell, K. A. (2001). GA₄₊₇ plus benzyladenine reduce foliar chlorosis of *Lilium longiflorum*. *Scientia Horticulturae*, 89, 143-154.
- Wilkins, H. F., & Dole, J. M. (1997). The physiology of flowering in *Lilium*. *Acta Horticulturae*, 430, 183-188.
- Woltering, E. J. & Van Doorn, W. G. (1988). Role of ethylene in senescence of petals Morphological and taxonomical relationships. *Journal Experimental Botanical*, 39, 1605-1616.
- Xiao, J. X., Hu, C. Y., Chen, Y. Y., Yang, B., & Hua, J. (2014). Effects of low magnesium and an arbuscular mycorrhizal fungus on the growth, magnesium distribution and photosynthesis of two citrus cultivars. *Scientia Horticulturae*, 177, 14-20.