



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**INSTITUTO DE HORTICULTURA**

**NITRÓGENO, CALCIO Y MAGNESIO Y SU RELACIÓN CON EL  
DESARROLLO, CALIDAD Y ESTADO NUTRIMENTAL EN *LILIUM*  
HIBRIDO ORIENTAL CASABLANCA.**

**TESIS**

**QUE PRESENTA:**

**CLEMENTE DE JESÚS GARCÍA AVILA**

**COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**



DIRECCION GENERAL ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

**Chapingo, Estado de México, Abril de 2012**

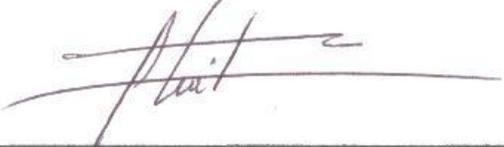


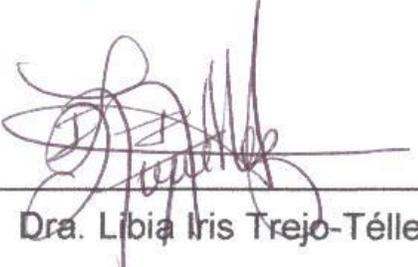
**NITRÓGENO, CALCIO Y MAGNESIO Y SU RELACIÓN CON EL  
DESARROLLO, CALIDAD Y ESTADO NUTRIMENTAL EN *LILIUM* HIBRIDO  
ORIENTAL CASABLANCA.**

Tesis realizada por Clemente de Jesús García Avila bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

Director:   
Dra. Ana María Castillo González

Asesor:   
Dr. Edilberto Avitia García

Asesor:   
Dra. Libia Iris Trejo-Téllez

Asesor:   
Dra. María Teresa B. Colinas León

Lector externo:   
Dr. Martín Rubí Arriaga

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Chapingo por la educación recibida y la oportunidad para continuar con mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo para realizar los estudios de posgrado.

A la Dra. Ana Ma. Castillo González por su confianza para dirigir la presente investigación. Así como, por su ánimo y paciencia para culminar este trabajo.

Al Dr. Edilberto Avitia García por su apoyo y asesoría en la realización de este trabajo.

A la Dra. Libia I. Trejo Téllez por el apoyo y disposición para apoyar en la realización de este trabajo.

A la Dra. María Teresa B. Colinas León por su colaboración y disposición como asesora en este trabajo.

Al Dr. Martín Rubí Arriaga por su disposición y colaboración en la lectura de este trabajo.

A los académicos del Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo por sus enseñanzas y apoyo en mi formación profesional; además, del trato personal que me brindaron.

Y a todos los profesores y compañeros que me apoyaron con sus buenas críticas para alentarme a continuar en esta travesía hasta su final.

## DEDICATORIAS

A ese ser supremo que me ha mantenido y a mis adorados padres, Clemente García Mancilla y María Ignacia Ávila Soto, que siempre han estado a mi lado con su apoyo moral y espiritual; porque no solo me dieron la vida, sino que han sido los guías en mi camino.

A mis hermanos José Antonio, Laura Patricia, Alberto, por su apoyo incondicional y por todos los momentos que hemos pasado y pasaremos.

A mis sobrinos Jhoana Gisselle, Joan, Carlos Antonio, Saúl, Luis Fernando y Evans Leonardo, quienes han sido parte de mí.

A mis cuñados Juan Gómez y Ana María González por su amistad y apoyo.

A ese espacio donde he sido colocado y tengo un lugar, donde he encontrado compañeros (as) que han aportado a mi forma de vivir.

Al señor Agustín y señora Bárbara, aunque ya no están aquí, siempre los recordaré por su gran humildad y capacidad de enseñar a vivir.

## **DATOS BIOGRÁFICOS DEL AUTOR**

Clemente de Jesús García Avila, autor del presente trabajo es originario del Distrito Federal, México. Egresó del Departamento de Agroecología de la Universidad Autónoma Chapingo, como Ingeniero Especialista en Agroecología. Realizó estudios de postgrado en el Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Fitopatología. El Doctorado en Horticultura lo obtuvo en el Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN GENERAL.....</b>	<b>ix</b>
<b>GENERAL ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN GENERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA EN ESTUDIO .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.1. Características botánicas del género <i>Lilium</i>.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.2. Antecedentes generales del cultivo.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.3. Condiciones ambientales del cultivo.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.4. Importancia económica del género <i>Lilium</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>9</b>
<b>1.3.1 Objetivos particulares.....</b>	<b>9</b>
<b>1.4 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>10</b>

<b>II. NITRÓGENO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO, CALIDAD</b>	
<b>ESTADO NUTRIMENTAL EN <i>LILIUM</i> HIBRIDO ORIENTAL</b>	
<b>CASABLANCA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 NITRÓGENO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO, CALIDAD Y</b>	
<b>ESTADO NUTRIMENTAL EN <i>LILIUM</i> HIBRIDO ORIENTAL</b>	
<b>CASABLANCA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 RESUMEN.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 ABSTRACT.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
<b>2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>2.6.1 Efecto del N en el desarrollo de <i>Lilium</i> hibrido oriental</b>	
<b>Casablanca.....</b>	<b>22</b>
<b>2.6.2 Vida en florero.....</b>	<b>25</b>
<b>2.6.3 Efecto del nitrógeno en la acumulación de materia seca.....</b>	<b>26</b>
<b>2.6.4 Concentración nutrimental.....</b>	<b>28</b>
<b>2.6.5 Comparación nutrimental entre bulbo nuevo y bulbo usado</b>	<b>33</b>
<b>2.7 CONCLUSIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>2.8 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>36</b>

<b>III. CALCIO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO, CALIDAD Y ESTADO NUTRIMENTAL EN <i>LILIUM</i> HIBRIDO ORIENTAL CASABLANCA.....</b>	<b>40</b>
<b>3.1 CALCIO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO, CALIDAD Y ESTADO NUTRIMENTAL EN <i>LILIUM</i> HIBRIDO ORIENTAL CASABLANCA.....</b>	<b>41</b>
<b>3.2 RESUMEN.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3 ABSTRACT.....</b>	<b>42</b>
<b>3.4 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>43</b>
<b>3.5 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>44</b>
<b>3.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>48</b>
<b>3.6.1 Efecto del Ca en el desarrollo de <i>Lilium</i> hibrido oriental Casablanca.....</b>	<b>48</b>
<b>3.6.2 Vida en florero.....</b>	<b>51</b>
<b>3.6.3 Efecto del calcio en la acumulación de materia seca.....</b>	<b>52</b>
<b>3.6.4 Concentración nutrimental.....</b>	<b>53</b>
<b>3.6.5 Comparación nutrimental entre bulbo nuevo y bulbo usado</b>	<b>58</b>
<b>3.7 CONCLUSIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>3.8 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>62</b>

<b>IV. MAGNESIO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO, CALIDAD Y ESTADO NUTRIMENTAL EN <i>LILIUM</i> HIBRIDO ORIENTAL CASABLANCA.....</b>	<b>62</b>
<b>4.1 MAGNESIO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO, CALIDAD Y ESTADO NUTRIMENTAL EN <i>LILIUM</i> HIBRIDO ORIENTAL CASABLANCA.....</b>	<b>67</b>
<b>4.2 RESUMEN.....</b>	<b>67</b>
<b>4.3 ABSTRACT.....</b>	<b>68</b>
<b>4.4 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>69</b>
<b>4.5 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>70</b>
<b>4.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>74</b>
<b>4.6.1 Efecto del Mg en el desarrollo de <i>Lilium</i> hibrido oriental Casablanca.....</b>	<b>74</b>
<b>4.6.2 Vida en florero.....</b>	<b>77</b>
<b>4.6.3 Efecto del magnesio en la acumulación de materia seca.....</b>	<b>78</b>
<b>4.6.4 Contenido nutrimental.....</b>	<b>79</b>
<b>4.6.5 Comparación nutrimental entre bulbo nuevo y bulbo usado</b>	<b>84</b>
<b>4.7 CONCLUSIONES.....</b>	<b>86</b>
<b>4.8 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>87</b>

<b>V. DISCUSIÓN GENERAL.....</b>	<b>91</b>
<b>5.1 DISCUSIÓN GENERAL.....</b>	<b>92</b>
<b>5.2 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>94</b>
<b>VI. CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>96</b>
<b>6.1 CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>97</b>

# NITRÓGENO, CALCIO Y MAGNESIO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO, CALIDAD Y ESTADO NUTRIMENTAL EN *LILIUM* HIBRIDO ORIENTAL CASABLANCA.

## RESUMEN GENERAL

El suministro óptimo de nitrógeno (N), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) es esencial para producir plantas de calidad, debido a su función en la planta y a la relación que tienen con otros elementos; además, es necesario cuantificar la concentración de los nutrimentos absorbidos por las plantas para determinar una fertilización adecuada. La investigación tuvo como objetivo determinar la concentración óptima de N,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  con relación a la calidad, estado nutricional y vida en florero de plantas de *Lilium* híbrido oriental Casablanca. El cultivo se realizó en invernadero, con bulbos de 18/20 cm, bajo un diseño completamente al azar, con 10 tratamientos para cada elemento: 0, 7.14, 14.29, 21.43, 25, 28.57, 32.14, 35.71, 39.29 y 42.86  $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de N; 0.0, 2.5, 8.0, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5, 20.0, 25.0, 30.0  $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de calcio y 0.00, 2.06, 4.00, 6.17, 8.23, 10.29, 12.35, 16.46, 18.52 y 20.58  $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de magnesio, con 10 repeticiones. Se determinó la

concentración de N, P,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  en la planta. Con la aplicación de 7.14  $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de N se obtuvieron plantas con 134 cm de longitud, 4.6 flores por tallo, con vida en florero de 22 días, mayor materia seca por planta y la mayor concentración de nitrógeno por planta; con 10  $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de calcio se obtuvieron tallos de 127.9 cm de longitud, 4.7 flores por tallo y una vida en florero de aproximadamente 22 días; la aplicación de 35.71  $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de nitrógeno mejoró el estado nutricional de la planta, aumentando las concentraciones de cada uno de los elementos. Con la aplicación de 30.0  $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de calcio, se tuvo un peso seco de bulbo considerable y las concentraciones más altas de N,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . Con 20.58  $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de magnesio, se observaron las concentraciones más altas de N, Ca, Mg, K y P.

**Palabras clave:** Concentración nutricional, acumulación de materia seca, vida en florero y bulbos.

# NITROGEN, CALCIUM AND MAGNESIUM AND ITS RELATION WITH THE DEVELOPMENT, QUALITY AND NUTRIMENTAL STATUS IN *LILIIUM* ORIENTAL HYBRID CASABLANCA.

## GENERAL ABSTRACT

The optimal supply of nitrogen (N), calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) and magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) is essential for producing quality plants, due to its role in the plant and the relationship it has with other elements is also necessary to quantify the concentration of nutrients absorbed by plants to determine proper fertilization. This research aimed to determine the optimal concentration of N,  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  in relation to quality, nutritional status and vase life of plants of *Lilium* oriental hybrid Casablanca. The cultivation was conducted in greenhouse with 18/20 cm bulbs under a completely randomized design with 10 treatments for each item: 0, 7.14, 14.29, 21.43, 25, 28.57, 32.14, 35.71, 39.29 and 42.86 meq  $\text{L}^{-1}$  of N, 0.0, 2.5, 8.0, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5, 20.0, 25.0, 30.0 meq  $\text{L}^{-1}$  calcium and 0.00, 2.06, 4.00, 6.17, 8.23, 10.29, 12.35, 16.46, 18.52 and 20.58 meq  $\text{L}^{-1}$  and magnesium, with 10 repetitions. We determined the concentration of N, P,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  in the plant. The plants that

were obtained had with the application of 7.14 N meq  $\text{L}^{-1}$  134 cm length, 4.6 flowers per stem, with a vase life of 22 days, more dry matter per plant and the highest concentration of nitrogen per plant, with 10 meq  $\text{L}^{-1}$  of calcium stems were of 127.9 cm long, 4.7 flowers per stem and vase life of about 22 days; the application of 35.71 meq  $\text{L}^{-1}$  of nitrogen improved the nutritional status of the plant, increasing concentrations of each of the elements. With the application of 30.0 meq  $\text{L}^{-1}$  of calcium, there was a considerable bulb dry weight and higher concentrations of N,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{Mg}^{2+}$ . With 20.58 meq  $\text{L}^{-1}$  of magnesium, the highest concentrations of N, P, K, Ca and Mg were observed.

**Key words:** nutrimental concentration, dry matter accumulation, vase life and bulbs.



## **I. INTRODUCCIÓN GENERAL**

## 1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

La nutrición de plantas ornamentales es uno de los principales factores que determinan su producción y calidad. En general, cuando la planta carece de nutrimentos o el suministro de éstos es insuficiente, las plantas pueden desarrollar poca altura, presentar menor número de botones florales o ser menos atractivas dentro de los parámetros de calidad de la flor, incluso aumenta la susceptibilidad a plagas y enfermedades (Bañón *et al.*, 1993).

La calidad de la floración en geófitas, en la mayoría de los casos, está en función de las reservas que contienen sus órganos subterráneos, donde la cantidad de éstas, es dependiente del tamaño del bulbo; por lo que cualquier aporte externo de nutrimentos durante el desarrollo del cultivo tendría un efecto nulo o muy limitado en la floración. A su vez, el tamaño del bulbo, es dependiente de factores como la nutrición del ciclo anterior, para la temporada siguiente. Por esta razón, el establecimiento de normas de fertilización de plantas bulbosas, representa una problemática por la deficiente información al respecto; por lo cual es necesario el estudio de la nutrición en estas especies, para permitir la obtención de un material con atributos de alta competitividad (Bañón *et al.*, 1993).

Los bulbos poseen escamas carnosas, principales órganos almacenadores de agua y sustancias nutritivas (Schiappacasse, 1999). El N en los bulbos es insuficiente para cubrir completamente el período de crecimiento y asegurar un rendimiento máximo de

bulbos hijos (Ohyama *et al.*, 1988a). Por tanto, la fertilización nitrogenada se considera determinante en la producción de flores y bulbos (Ohyama *et al.*, 1988b; De Hertogh y Le Nard, 1993; Pinochet, 1999). En particular, el momento de aplicación es crítico debido a razones económicas y ambientales (Gastal y Lemaire, 2002; Olf *et al.*, 2005); según Matus (1996) se debe definir con base en las tasas de crecimiento y absorción de N del cultivo.

Se sabe que muchos de los procesos intrínsecos de crecimiento y desarrollo en las plantas son regulados por las cantidades de calcio, incluyendo la elongación radical, el crecimiento de los tubos polinizadores y la regulación de las células guarda (Gao *et al.*, 2007). De acuerdo a Rubio *et al.* (2009) el calcio es un nutrimento principal y esencial para las plantas, debido a que tiene un papel fundamental en la estabilidad de la membrana, estabilización de la pared celular y la integridad de las células. El *Lilium* es una de las especies de importancia económica dentro de la producción de flores de corte. Algunos cultivares han presentado problemas de calidad como quemaduras en hojas, casos severos de flacidez del tallo y corta vida en florero. Dichos efectos son ocasionados por la deficiencia de  $\text{Ca}^{2+}$  (Álvarez *et al.*, 2008).

El magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) es un macronutrimento esencial para el crecimiento y desarrollo de todas las plantas. Niveles adecuados de este elemento en los suelos son importantes para producir los máximos rendimientos económicos. Como la deficiencia de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), la deficiencia de magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) en la producción de cultivos, es más común en suelos ácidos erosionados (Fageria y Souza, 1991). González *et al.* (2011) mencionaron que la fertilización con magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) contribuyó a que plantas de

gladiolo tuvieran un mayor índice de área foliar, por favorecer la formación de clorofila (Taiz y Zeiger, 2006).

Ortega *et al.* (2006) mencionan que hay pocos estudios en *Lilium* spp. para flores de corte, y las recomendaciones de fertilización son limitadas y contradictorias. Dole y Wilkins (2005) describen que *Lilium* spp. no destaca por sus exigencias nutrimentales, pero una fertilización adecuada es esencial para producir plantas de alta calidad.

## **1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA EN ESTUDIO**

### **1.2.1. Características botánicas del género *Lilium***

El género *Lilium* pertenece a la familia de las Liliáceas. El bulbo, carente de túnica, está formado por hojas modificadas que se agrupan en un disco basal o tallo modificado. Estas hojas son gruesas, generalmente de color blanco y de forma triangular, cuya función es almacenar sustancias de reserva para iniciar el crecimiento vegetativo (Bañón *et al.*, 1993).

El sistema radical es abundante, presentan raíces adventicias caulinares y otras de tipo basal. Las raíces principales son basales, carnosas, con tonalidad marrón; tienen un grosor de 2 a 3 mm de diámetro y longitudes de 15 a 20 cm. Las raíces adventicias

aparecen en el tallo por arriba del bulbo y permiten el desarrollo aéreo al complementar la función de las raíces basales (Bañón *et al.*, 1993).

El tallo surge del disco basal situado en el interior del bulbo. Las hojas son lanceoladas u oval-lanceoladas, de dimensiones variables (10 a 15 cm de largo y ancho de 1 a 3 cm), son sésiles o mínimamente pecioladas. El color es generalmente verde intenso (Bañón *et al.*, 1993).

Las flores se sitúan en el extremo del tallo; sus sépalos son de varios colores, y se encuentran desplegados o curvados dando a la flor apariencia de trompeta. Se disponen solitarias o agrupadas en inflorescencias (racimos o corimbos), mostrándose erguidas o péndulas (Bañón *et al.*, 1993).

### **1.2.2. Antecedentes generales del cultivo**

El *Lilium* o lily, proviene de regiones frías, presenta amplia diversidad de cultivares con buena aceptación en el mercado nacional e internacional, por lo que su cultivo es altamente rentable. La superficie cultivada con esta especie ha sido una de las que más se ha incrementado en las últimas décadas a nivel nacional y mundial (Rubí *et al.*, 2009).

El *Lilium* es apreciada por la belleza de su extensa gama de colores y formas, vida prolongada en florero y por su utilidad en ramos, floreros, composiciones florales y jardines, por lo que se ha incrementado su demanda. La calidad de sus bulbos y las

nuevas variedades y sus colores que el mercado ofrece, aunado a su fácil manejo y bajas exigencias en requerimientos ambientales, han permitido su amplio cultivo en países como México, Argentina, Chile y China, entre otros (Álvarez *et al.*, 2008).

### **1.2.3. Condiciones ambientales del cultivo**

Para obtener un producto de calidad es necesario conseguir una buena formación de raíces. Esto se consigue con temperaturas ambientales de 12 a 13 °C durante el primer mes de plantación. Temperaturas más bajas alargan innecesariamente el período de crecimiento (Anónimo, s.a).

Durante el desarrollo del cultivo, en el caso de los híbridos asiáticos, deben mantenerse temperaturas promedio de 14 a 15 °C. Para obtener la máxima calidad se requiere que las temperaturas alcancen de 20 a 25 °C durante el día y de 8 a 10 °C durante la noche. Con temperaturas nocturnas superiores a 20 °C se reduce la calidad de las flores; en particular la de la vara. Temperaturas muy bajas prolongan el cultivo. Para los híbridos orientales el manejo de temperaturas es más delicado, debiéndose lograr una temperatura constante entre 15 y 17 °C. Temperaturas por debajo de los 15 °C pueden causar amarillamiento o caída de la hoja (Anónimo, s.a).

El nivel adecuado de humedad relativa oscila entre 80 y 85 %. Es importante evitar bruscas oscilaciones para no tener quemaduras en las hojas de cultivares sensibles; por ejemplo el descenso brusco de la humedad relativa ocasiona daños en las hojas y en consecuencia disminuye la calidad. La ventilación es fundamental para reducir la alta

humedad relativa y para el control de la temperatura. La humedad relativa alta favorece la presencia de enfermedades, como las ocasionadas por *Botrytis* sp. (Anónimo, s. a).

#### **1.2.4. Importancia económica del género *Lilium***

Actualmente numerosos híbridos están disponibles y año con año se introducen más para los jardines de los hogares o para el cultivo comercial como flor de corte o en maceta. Genéticamente se seleccionan las tallas de acuerdo al uso de la planta; alta para cultivares empleados exclusivamente para flor de corte, media para cultivares usados ya sea como flor de corte o como planta en maceta y corta para mejoramiento genético que se hace exclusivamente para plantas en maceta (Dole y Wilkins, 2005).

El desarrollo continuo de nuevos híbridos y la práctica de producción en ciclos de cultivo fuera de su época natural causan que los nutrientes almacenados en el bulbo y el aporte de las raíces primaria y secundaria sean insuficientes para obtener flor con la calidad que demanda la norma comercial, lo que se hace necesaria la fertilización química adicional que incrementa el costo de producción (Betancourt *et al.*, 2005).

En México, la horticultura ornamental se ha convertido en uno de los detonadores económicos más significativos del sector agrícola. El Estado de México es la entidad federativa de mayor importancia en la producción de flor de corte con 40% del total de la superficie sembrada a nivel nacional, principalmente con crisantemo (*Chrysanthemum indicum*), gladiola (*Gladiolus* sp.), clavel (*Dianthus caryophyllus*), rosa (*Rosa gigantea* y *R. chinensis*), gerbera (*Gerbera jamesonii*) y lily (*Lilium* spp.) (Rubí *et al.*, 2009).

De acuerdo a Rubí *et al.* (2009), bajo el esquema de producción intensiva, la floricultura requiere cambios en los componentes físicos, químicos y biológicos del sustrato y en la aplicación de insumos inorgánicos, los que a largo plazo reducen el rendimiento e incrementan el costo de producción (Gaur y Adholeya, 2000; Jeffries *et al.*, 2003; Betancourt *et al.*, 2005). Las alternativas de fertilización que sean económicas, eficientes y con enfoque biológico, pueden contribuir significativamente a la solución de estos problemas (Jeffries *et al.*, 2003).

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto de diferentes concentraciones de nitrógeno, calcio y magnesio en el desarrollo, calidad y estado nutricional de plantas de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

#### **1.3.1. Objetivos particulares**

Determinar la concentración de nitrógeno que se relacione con la mejor calidad, estado nutricional y la mayor vida en florero de plantas de *Lilium* Híbrido oriental Casablanca.

Determinar la concentración de calcio que se relacione con la mejor calidad, estado nutricional y la mayor vida de florero de plantas de *Lilium* Híbrido oriental Casablanca.

Determinar la concentración de magnesio que se relacione con la mejor calidad, estado nutricional y la mayor vida de florero de plantas de *Lilium* Híbrido oriental Casablanca.

#### 1.4 LITERATURA CITADA

Álvarez S.M.E.; Maldonado T.R.; García M.R.; Almaguer V.G.; Rupit A.J.; Zavala E.F. 2008. Suministro de calcio en el desarrollo y nutrición de *Lilium* asiático. *Agrociencia* 42:881-889.

Anónimo. s.a. El cultivo del *Lilium*. Flor cortada y cultivo en maceta. Poldijk 41 p.

Bañón S.; Cifuentes D.; Fernández. J.; González A. 1993. Gerbera, *Lilium*, Tulipán y Rosa. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España, 250 p.

Betancourt O.M.; Rodríguez M.M.N.; Sandoval V.M.; Gaytan A.E. 2005. Fertilización foliar una herramienta en el desarrollo del cultivo de *Lilium* cv. Stargeizer. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(2):371-378.

De Hertogh, A.; Le Nard M. 1993. *The Physiology of Flower Bulbs*. Elsevier Science. Amsterdam A., Netherlands. 811 p.

Dole, M.; Wilkins H. 2005. *Floriculture: principles and species*. Second Edition Prentice-Hall, Inc. upper Saddle River, USA. 1022 p.

Fageria, N.K.; Souza C. M. R. 1991. Upland rice, common bean and cowpea response to magnesium application on a Oxisol. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 22:1805-1816.

Gao, P.; Pi-Ming Z.; Wang J.; Hai-Yun W.; Xiao-Min W.; Gui-Xian X. 2007. Identification of genes prefer: A posible role of calcium signaling in cotton fiber elongation. *Plant Sciencie*. 173: 61-69.

Gastal, F.; Lemaire G. 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *J. Exp. Bot.* 53(370): 789-799.

Gaur, A.; Adholeya A. 2000. Growth and flowering in *petunia hibrida*, *Callistephus chinensis* and *Impatiens balsamina* inoculated with mixed AM inocula or chemical fertilizers in a soil of low P fertility. *Sci. Hort.* 84:151-162.

González P.E.; Ayala G.O.J.; Salazar C.J.A.; García S.G.; Yáñez M.M.J.; Juárez M.J. 2011. Estudio del desarrollo, calidad de flor y dosis de fertilización en gladiolo (*Gladiolus grandiflorus* Hort.). *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 34(4):277-283.

Jeffries, P.; Gianinazzi S.; Perotto S.; Rutnau K.; Barea J.M. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biol. Fert. Soil.* 37:1-16.

Matus, F. 1996. Fertilización y nutrición del tulipán. *In*: Schiappacasse, F. (ed). *El Cultivo del Tulipán*. Universidad de Talca. Talca, Chile. pp: 31-52.

Ohyama, T., Ikarashi T.; Baba A. 1988a. Effect of cold storage treatment for forcing bulbs on the C y N metabolism of tulip plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 34(4): 519-533.

Ohyama, T.; Ikarashi T.; Obata A.; Baba A. 1988b. Role of nitrogen accumulated in tulip roots during winter season. *Soil Sci. Plant Nutr.* 34(3): 341-350.

Olf, H.; Blankenau K.; Brentrup F.; Jasper J.; Link A.; Lammel J. 2005. Soil and plant based nitrogen fertilizer recommendations in arable farming. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168: 414-431.

Ortega B.R.; Correa B.M.; Olate M.E. 2006. Determinación de las curvas de acumulación de nutrientes en tres cultivares de *Lilium* spp. para flor de corte. *Agrociencia* 40:339-347.

Pinochet D. 1999. Fertilización de las plantas bulbosas. *In*: Seemann, P., y N. Andrade (eds). *Cultivo y Manejo de Plantas Bulbosas Ornamentales*. Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. pp:123-137.

Rubí A.M.; Olalde P.V.; Reyes R.B.G; González H.A.; Aguilera G.L.I. 2009. Influencia de *Glomus fasciculatum* en el crecimiento y desarrollo de *Lilium* sp. cv Orange Pixie. *Agricultura Técnica en México* .Vol. 35(2):201-210.

Rubio J.S.; García-Sánchez F.; Rubio F.; Martínez V. 2009. Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K<sup>+</sup> and Ca<sup>2+</sup> fertilization. *Scientia Horticulturae*. 119:79-87.

Schiappacasse, F. 1999. Cultivo del tulipán. *In*: Seemann, P., y N. Andrade (eds). Cultivo y Manejo de Plantas Bulbosas Ornamentales. Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. pp: 3-12. Schiappacasse, 1999.

Taiz, L.; Zeiger E. 2006. Plant Physiology. 4th ed. Sinauer Associates Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA. 764 p.

**II. NITRÓGENO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO, CALIDAD ESTADO  
NUTRIMENTAL EN *LILIUM* HIBRIDO ORIENTAL CASABLANCA.**

## 2.1 NITRÓGENO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO, CALIDAD Y ESTADO NUTRIMENTAL EN *LILIUM* HIBRIDO ORIENTAL CASABLANCA.

### 2.2 RESUMEN

El suministro adecuado de nitrógeno (N) es esencial para producir plantas de calidad, debido a su función en la planta y a la relación que tiene con otros elementos; además, es necesario cuantificar la concentración de nitrógeno absorbido por las plantas para determinar una fertilización adecuada; la investigación tuvo como objetivo determinar la concentración óptima de N con relación a la calidad, estado nutricional y vida en florero de plantas de *Lilium* Híbrido oriental Casablanca. El cultivo se realizó en invernadero, con bulbos de 18/20 cm, bajo un diseño completamente al azar, con 10 tratamientos: 0, 7.14, 14.29, 21.43, 25, 28.57, 32.14, 35.71, 39.29 y 42.86 meq L<sup>-1</sup> de nitrógeno y 10 repeticiones. Se determinó la concentración de N, P, K, Ca y Mg en la planta. La materia seca del tallo, bulbo y total fue afectada significativamente por los tratamientos; el número de hojas, altura, diámetro (basal, medio y apical), área foliar, número de flores, vida en florero y materia seca (hoja y flor) no se vieron afectados significativamente. El N afectó la concentración de los otros elementos entre tratamientos y órganos. Los bulbos usados disminuyeron la acumulación de materia seca en 73 %, en comparación con el bulbo nuevo; sin embargo, aumentaron su concentración nutricional al momento del corte. Con la aplicación de 7.14 meq L<sup>-1</sup> de N se observó un buen desarrollo del cultivo y la mayor concentración de nutrientes con 35.71 meq L<sup>-1</sup>. Los resultados indican la importancia de suministrar una adecuada concentración de N para la producción de flores de corte o de bulbos.

**Palabras clave:** Área foliar, materia seca, concentración nutricional, vida en florero y bulbo.

## 2.3 ABSTRACT

The adequate supply of N is essential to produce plants of quality, due to its function in the plant and to the relation with other elements; besides, it is necessary to quantify the concentration of the nutrients absorbed by the plants to determine an adequate fertilization; the research had as an objective to determine the optimum concentration of N in relation to the quality and pot life flower of plants of *Lilium* oriental hybrid Casablanca. The cultivation was carried out in a greenhouse, with bulbs of 18/20 cm, under a design completely at random, with 10 treatments: 0, 7.14, 14.29, 21.43, 25.28.57, 32.14, 35.71, 39.29 and 42.86 meq·L<sup>-1</sup> of nitrogen and 10 repetitions. The concentration of N, P, K, Ca and Mg was determined. The total, stem and bulb dry matter were affected significantly by the treatments; the number of leaves, height, diameter (basal, medium and apical), leaf area, number of flowers, pot life flower, dry matter (leaf and flower) were not affected significantly. The N affected the concentration of the other elements among treatments and organs. The sons bulbs diminished their dry matter in 73%, in comparison with the mother bulb; nevertheless, they increased their concentration of nutrients still harvest. With the application of 7,14 meq.L<sup>-1</sup> of N, a good development of the crop was observed and the greater concentration of nutrients was obtained with 35,71 meq.L<sup>-1</sup>. The results indicate the importance of supplying an adequate concentration of N for cut flowers production or of bulbs.

**Key words:** leaf area, dry matter, nutrimental concentration, pot life flower and bulb.

## 2.4 INTRODUCCIÓN

La nutrición de plantas ornamentales es uno de los principales factores que determinan su producción y calidad. El *Lilium* es apreciado por la belleza de su extensa gama de colores y formas, vida prolongada en florero y por su utilidad en ramos, floreros, composiciones florales y jardines, por lo que se ha incrementado la demanda. La calidad de sus bulbos y las nuevas variedades y colores que el mercado ofrece, aunado a su fácil manejo y bajas exigencias en requerimientos ambientales, han permitido su amplio cultivo en países como México, Argentina, Chile y China, entre otros (Álvarez *et al.*, 2008).

En general, cuando éstas carecen de nutrimentos o el suministro de éstos es insuficiente pueden desarrollar poca altura, menor número de botones florales, flores de baja calidad, pudiendo aumentar entonces la susceptibilidad a plagas y enfermedades (Bañón *et al.*, 1993). *Lilium* spp. es una de las especies de importancia económica en la producción de flores de corte; sin embargo, Ortega *et al.* (2006) mencionaron que hay pocos estudios sobre estas especies que no destacan por sus exigencias nutrimentales. Sin embargo cuando se habla de una producción comercial, donde el cultivo se produce de manera intensiva, teniendo de dos a tres ciclos o más al año en el mismo lugar, hace que la fertilidad del suelo se agote en poco tiempo o según el sistema de producción, es necesario tener paquetes de fertilización que cumplan con las exigencias del cultivo; esto para cumplir con las exigencias de los mercados, como los de norte del país (USA), que requieren plantas de gran calidad, flores prácticamente perfectas, sanas y con mayor vida de florero, por lo tanto las recomendaciones de fertilización son

limitadas y contradictorias (Dole y Wilkins, 2005); presentando los diferentes cultivares problemas como necrosis en hojas, casos severos de flacidez del tallo y corta vida en florero. Dichos efectos pueden ser ocasionados por la deficiencia de calcio (Álvarez *et al.*, 2008), magnesio y nitrógeno entre otros.

El N en los bulbos es insuficiente para cubrir completamente el período de crecimiento y asegurar un rendimiento máximo de bulbos hijos (Ohyama *et al.*, 1988a). Por tanto, la fertilización nitrogenada se considera determinante en la producción de flores y bulbos (Ohyama *et al.*, 1988b; De Hertogh y Le Nard, 1993; Pinochet, 1999).

Una buena fertilización es esencial para producir plantas de alta calidad, siendo necesario cuantificar la concentración de los nutrimentos absorbidos por las plantas durante su crecimiento, para posteriormente hacer las recomendaciones adecuadas (Anónimo, 1996). Por lo que la presente investigación tuvo como objetivo determinar la concentración óptima de nitrógeno con relación al desarrollo, calidad y estado nutrimental en plantas de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

## **2.5 MATERIALES Y MÉTODOS**

Se plantaron bulbos calibre 18/20 de *Lilium* híbrido oriental Casablanca ya vernalizados, en macetas de 5 litros de volumen; como sustrato se utilizó tezontle rojo, con tamaño de partícula de 5 mm. Los bulbos se enjuagaron en agua corriente para quitar el sustrato

en el que venían protegidos y se colocó un bulbo por maceta. El experimento se realizó en un invernadero de cristal con temperaturas promedio de 31.3 °C durante el día y 12.7 °C por la noche; la humedad relativa máxima fue de 96.5 % y la mínima de 35.3 %. Se colocó malla sombra (50 %) para reducir la luminosidad y promover el crecimiento vegetativo en los primeros 30 días del cultivo, una vez que comenzó a observarse la emergencia del botón floral se retiró. Los tratamientos (Cuadro 1) fueron concentraciones de nitrógeno mediante soluciones nutritivas que fueron definidas tomando como referencia la solución universal de Steiner (1984).

Cuadro 1. Soluciones nutritivas usadas en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de N (me L <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )
	meq L <sup>-1</sup>							
0.00	6.30	8.10	3.60	0.00	1.50	16.50	5.50	1.40
7.14	6.65	8.55	3.80	7.14	1.50	10.36	5.50	1.90
14.29	7.00	9.00	4.00	14.29	1.50	4.21	5.50	2.50
21.43	9.45	12.15	5.40	21.43	1.50	4.07	5.40	3.00
25.00	10.68	13.72	6.10	25.00	1.50	4.00	5.40	3.40
28.57	11.93	15.33	6.81	28.57	1.50	4.00	5.40	3.80
32.14	13.17	16.94	7.53	32.14	1.50	4.00	5.40	4.30
35.71	14.42	18.54	8.25	35.71	1.50	4.00	5.50	4.70
39.29	15.68	20.15	8.96	39.29	1.50	4.00	5.40	5.00
42.86	16.93	21.76	9.67	42.86	1.50	4.00	5.40	4.90

Los tratamientos se complementaron con la solución de micronutrientes sugerida por Steiner (1984).

**Diseño del experimento.** Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento y como unidad experimental una maceta con una planta de *Lilium*. La aplicación de las soluciones nutritivas se hizo a partir de la segunda semana después de la plantación; se regó cada tercer día, aplicando 100 mL a cada

maceta en el primer mes; posteriormente se aplicaron 200 mL con el mismo intervalo de tiempo hasta el momento de corte de los tallos florales.

Durante el desarrollo del cultivo se hicieron evaluaciones a los 16, 22, 38, 50, 58, 64 y 78 días después de la emergencia (DDE). Se evaluaron: altura de planta (A), una vez que comenzó el crecimiento del ápice; número de hojas (NH) de cada unidad experimental; diámetro de tallo basal (DB), medio (DM) y apical (DA). Al final del cultivo se midió con un vernier digital el diámetro de la parte basal de la planta donde emergen las raíces adventicias, en la parte media del tallo y en la parte apical donde comenzó la inflorescencia; a los 103 DDE (cuando el cultivo alcanzó su madurez comercial) se contabilizó el número de flores por tallo (NF); se midió la longitud y el ancho de tépalos (LT y AT, respectivamente), para lo cual se seleccionó un tépalo al azar en la primera flor abierta de cada unidad experimental.

**Vida en florero.** Se tomaron cuatro unidades experimentales de las 10 que se tenían por tratamiento; se cortaron de las macetas cuando los botones estaban próximos a la apertura floral; se colocaron en el laboratorio, en donde se tenía una temperatura máxima de 26.8 °C y una mínima 14.6 °C; la humedad relativa máxima y mínima registrada fue de 82.8 % y 43.6 %, respectivamente; todos los tallos se cortaron con una longitud de 60 cm. Por último se colocó cada uno de ellos en una probeta de 100 mL con 80 mL de agua de la llave, la pérdida de agua por evaporación y transpiración se repuso diariamente hasta el final de la evaluación. Para esto se registró el día en que se cortaron y el día en que se marchitó en su totalidad la última flor, considerando este tiempo como días después de la cosecha (DDC).

**Análisis nutrimental.** Para esta determinación se seleccionaron al azar seis plantas por tratamiento y cada planta se seccionó en raíz con bulbo, tallo, hojas y flores; se determinó el área foliar total (AF) con un integrador de área foliar LI-COR modelo 3100. Posteriormente los órganos se lavaron por separado con agua de la llave y se enjuagaron con agua destilada. Se secaron en una estufa con circulación de aire forzado a 65 °C hasta peso constante. Se registró la materia seca de tallo (MST), materia seca de hoja (MSH), materia seca de flor (MSF), materia seca de bulbo (MSB) y la materia seca total (MT) de cada unidad experimental; después se molieron por separado en un molino de acero inoxidable Willey, provisto de un tamiz de 20 mallas. Para el análisis nutrimental se mezcló el material de dos plantas por tratamiento para tener un total de tres repeticiones; se pesaron 0.5 g de materia seca y se realizó una digestión húmeda con 4 mL de una mezcla de ácido sulfúrico y ácido perclórico en proporción 2:1, y 2 mL de peróxido de hidrógeno. La determinación de nitrógeno total (N) se hizo por el método de microkjeldhal (Alcántar y Sandoval, 1999). La concentración de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) se determinó mediante un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada (ICP-AES Liberty II Varian Australia Pty Ltd Victoria, Australia).

Por último, se realizó una comparación del contenido nutrimental entre bulbos (bulbo nuevo, BN, y bulbo usado, BU); al inicio del experimento se tomaron al azar tres bulbos (BN), del lote de bulbos comprados, los cuales se lavaron, secaron y pesaron para posteriormente determinar su concentración nutrimental; se consideraron como BU a los utilizados para establecer el experimento; una vez que terminó el ciclo del cultivo, se sacaron de las macetas, se separaron del tallo y se lavaron, secaron y pesaron para determinar su concentración nutrimental de la forma antes mencionada.

Con los datos se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey, con el paquete estadístico SAS V.8 (Statiscal Analysis System, 1999).

## 2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.6.1. Efecto del N en el desarrollo de *Lilium* híbrido oriental Casablanca

El cultivo alcanzó su máxima altura a los 78 días después de la emergencia (DDE). Los resultados del análisis estadístico indican que el tratamiento con 7.14 meq L<sup>-1</sup> de nitrógeno aumentó significativamente el número de hojas de los 22 hasta los 38 DDE, con 27.5 y 41.9 hojas por planta, respectivamente. De los 50 a los 78 DDE no se observó efecto de los tratamientos sobre el número de hojas. Las concentraciones de nitrógeno no afectaron significativamente la altura de *Lilium* híbrido oriental Casablanca (Cuadro 2). No obstante, cabe mencionar, que con 7.14 meq L<sup>-1</sup> de N se alcanzó la mayor altura a los 38, 50, 58, 64 y 78 DDE con 74.7, 107.2, 111.8, 111.8 y 134.0 cm por planta, respectivamente, en comparación con la aplicación de 14.29 meq L<sup>-1</sup> de N, con 71.3, 99.8, 107.2, 110.9 y 123.1 cm por planta.

Cuadro 2. Número de hojas y altura en el ciclo del cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de N (meq L <sup>-1</sup> )	Días después de la emergencia						
	16	22	38	50	58	64	78
	Número de hojas						
0.00	3.6 <sup>¶¶</sup>	18.8b <sup>£</sup>	34.5b <sup>£</sup>	45.8 <sup>¶¶</sup>	45.6 <sup>¶¶</sup>	44.6 <sup>¶¶</sup>	42.1 <sup>¶¶</sup>
7.14	6.2	27.5a	41.9a	52.8	53.2	51.4	50.3
14.29	2.0	24.8ab	37.8ab	47.9	48.6	49.6	48.1
21.43	2.7	25.0ab	36.6ab	44.7	44.1	44.8	44.7
25.00	8.0	22.6ab	36.3ab	47.9	50.0	49.2	48.7
28.57	6.6	22.3ab	36.8ab	46.9	49.6	48.5	48.6
32.14	4.9	26.6ab	39.1ab	49.3	50.5	49.9	50.8
35.71	1.7	25.3ab	39.1ab	50.2	52.2	51.2	52.3
39.29	4.9	26.1ab	36.2ab	49.8	50.3	50.2	50.4
42.86	3.1	25.9ab	36.3ab	45.4	46.0	45.7	47.3
DMS <sup>∞</sup>	7.76	8.31	7.40	10.29	10.07	10.6	10.35
CV <sup>€</sup> (%)	117.8	22.89	13.30	14.41	13.83	14.75	14.4
	Altura cm <sup>·</sup>						
0.00	18.0 <sup>¶¶</sup>	31.0 <sup>¶¶</sup>	63.9 <sup>¶¶</sup>	96.5 <sup>¶¶</sup>	108.5 <sup>¶¶</sup>	113.9 <sup>¶¶</sup>	122.8 <sup>¶¶</sup>
7.14	19.7	37.6	74.7	107.2	111.8	118.1	134.0
14.29	19.7	38.4	71.3	99.8	107.2	110.9	123.1
21.43	20.8	39.4	72.2	96.3	102.0	104.1	116.9
25.00	20.5	31.9	65.0	96.4	102.0	107.7	121.1
28.57	16.9	33.6	63.1	90.1	97.7	101.0	115.9
32.14	18.7	36.5	67.6	91.3	98.1	101.3	115.6
35.71	12.4	35.3	67.9	93.1	105.6	107.0	117.3
39.29	18.8	33.2	65.4	95.4	99.2	102.4	114.9
42.86	17.9	36.6	67.8	89.9	109.4	103.0	112.9
DMS <sup>∞</sup>	9.30	14.06	17.60	21.57	17.09	20.29	21.71
CV <sup>€</sup> (%)	34.08	26.82	17.46	15.19	11.05	12.76	12.23

<sup>£</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coefficiente de variación.

Los tratamientos con N no afectaron significativamente el diámetro basal (DB), diámetro medio (DM), diámetro apical (DA), número de flores (NF), longitud de tépalo (LT) y ancho de tépalo (AT) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores promedio de las variables evaluadas con nitrógeno en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de N (meq L <sup>-1</sup> )	Variables de crecimiento					
	DB <sup>1</sup>	DM <sup>&amp;</sup>	DA <sup>§</sup>	NF <sup>#</sup>	AT <sup>§</sup>	LT <sup>¥</sup>
	mm· tallo <sup>-1</sup>			cm· tépalo <sup>-1</sup>		
0.00	10.40 <sup>¶¶</sup>	7.75 <sup>¶¶</sup>	5.32 <sup>¶¶</sup>	4.30 <sup>¶¶</sup>	4.45 <sup>¶¶</sup>	12.55 <sup>¶¶</sup>
7.14	10.39	7.50	5.35	4.60	4.85	13.15
14.29	10.57	7.17	5.42	4.10	4.45	12.60
21.43	9.96	6.73	4.73	3.89	4.06	11.06
25.00	10.54	7.12	5.22	4.90	4.90	12.40
28.57	10.71	7.29	5.69	4.20	4.30	12.25
32.14	10.65	7.19	5.98	4.10	4.60	12.86
35.71	10.53	7.90	5.66	4.67	4.22	12.11
39.29	10.12	7.30	5.36	4.78	3.67	11.17
42.86	10.80	7.44	5.49	4.56	4.67	12.33
DMS <sup>∞</sup>	1.61	1.59	1.47	1.63	1.63	3.33
CV <sup>€</sup> (%)	10.35	14.57	18.24	24.89	24.80	18.26

<sup>∞</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>¶¶</sup>No significativo (P≤0.05). <sup>€</sup>Coefficiente de variación. <sup>1</sup>Diámetro basal. <sup>&</sup>Diámetro medio. <sup>§</sup>Diámetro apical. <sup>#</sup>Número de flores. <sup>§</sup>Ancho de Tépalos. <sup>¥</sup>Longitud de Tépalos.

Las diferencias significativas observadas en NH y no observadas para A, DB, DM, DA, NF, AT y LT, se pueden atribuir al calibre del bulbo y a la exigencia del cultivar; según Beck (1984), este órgano es una excelente reserva de fotosintatos y nutrimentos aún hasta la floración. Por otro lado Miller (1993) mencionó que el bulbo es la fuente de energía para el crecimiento de brotes y raíces; además, *Lilium* spp. no destaca por sus

exigencias nutrimentales (Dole y Wilkins, 2005). Ortega *et al.* (2006) en un estudio de tres cultivares de *Lilium* spp. encontraron que parte del crecimiento de la parte aérea se hizo a expensas de las reservas del bulbo.

Betancourt *et al.* (2005) señalaron que la altura final de *Lilium* es una característica importante, ya que en México, la calidad para comercialización de flor cortada se basa en la longitud de tallo y en el número de botones; de acuerdo al Centro Internacional de Flores de Bulbo (Lily Picture Book, s.a), para *Lilium* híbrido oriental Casablanca, su periodo de cultivo es de 20 semanas, la altura final es de 120 cm y con 5 a 7 botones florales para bulbos de un calibre de 18/20 cm. En esta investigación el periodo de cultivo fue de 15 semanas aproximadamente, y se obtuvieron tallos de primera calidad, con alturas de 121 a 134 cm con más de cuatro flores en promedio, y tallos de segunda calidad con menos de 120 cm de longitud y menos de tres flores, esto se debe a que las condiciones agroclimáticas de México son muy diferentes a las de Holanda.

### **2.6.2. Vida en florero**

Los tratamientos no influyeron de manera significativa en la vida de florero; sin embargo, hay una diferencia numérica importante. Los tratamientos con 7.14 y 42.86 meq L<sup>-1</sup> de N, presentaron la mayor vida de florero con 22 días, en comparación con 0 meq L<sup>-1</sup> de N con solo 17 días (Cuadro 4).

Cuadro 4. Vida en florero de tallos de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de N (meq L <sup>-1</sup> )	DDC <sup>b</sup>
0.00	17.00 <sup>¶¶</sup>
7.14	21.00
14.29	22.00
21.43	20.75
25.00	19.50
28.57	19.75
32.14	20.25
35.71	20.25
39.29	21.75
42.86	22.00
DMS <sup>°</sup>	6.42
CV <sup>€</sup> (%)	13.04

<sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>°</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coefficiente de variación. <sup>b</sup>Días después del corte.

Betancourt *et al.* (2005) no encontraron diferencias estadísticas significativas en vida en florero, en el cultivo de *Lilium* cv. Stargazer, entre tratamientos y usando como testigo una fórmula de fertilización al suelo de 186-102-174 (N-P-K). Sin embargo, al utilizar miel de abeja en aplicaciones foliares más fertilización al suelo, se observaron diferencias significativas en número de hojas, diámetro basal y apical. Esto puede deberse al cultivar y al calibre del bulbo (14/16).

### 2.6.3. Efecto del nitrógeno en la acumulación de materia seca

La aplicación de nitrógeno influyó de manera significativa en el materia seca de tallo, bulbo y materia seca total; con la aplicación de 0 meq L<sup>-1</sup> de N se alcanzó el mayor contenido de materia seca de tallo y bulbo (9.82 y 13.78 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente), en comparación con 39.29 meq L<sup>-1</sup> de N con 5.92 g de tallo y la aplicación de 35.71 meq L<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> de N con 7.22 g de bulbo; que fueron los que obtuvieron la menor contenido de materia seca. Con la aplicación de 7.14 meq L<sup>-1</sup> de N se obtuvo el mayor peso total (38.92 g), que superó al registrado en el tratamiento con 39.29 meq L<sup>-1</sup> de N con el menor peso total (26.18 g) (Cuadro 5). Ortega *et al.* (2006) observaron en tres cultivares de *Lilium* spp. una importante variabilidad en el peso de materia seca entre órganos, particularmente en la materia seca acumulada en tallo y hojas, esto a pesar de que el crecimiento en altura fue bastante homogéneo.

Cuadro 5. Valores promedio de las variables evaluadas con nitrógeno en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de N (meq L <sup>-1</sup> )	Variables de producción					
	AF <sup>μ</sup> cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup>	MST <sup>β</sup>	MSH <sup>γ</sup>	MSF <sup>ν</sup> g planta <sup>-1</sup>	MSB <sup>δ</sup>	MT <sup>θ</sup>
0.00	1505.5 <sup>¶¶</sup>	9.82a <sup>£</sup>	7.13 <sup>¶¶</sup>	7.73 <sup>¶¶</sup>	13.78a <sup>£</sup>	38.47ab <sup>£</sup>
7.14	2058.7	8.73ab	9.67	7.43	13.08ab	38.92a
14.29	1759.5	7.63ab	7.62	6.03	9.60ab	29.28abc
21.43	1475.9	6.98ab	6.54	5.50	11.64ab	29.56abc
25.00	1762.0	7.30ab	7.55	6.58	9.08ab	30.52abc
28.57	1694.0	6.92ab	6.93	6.13	7.42b	27.40bc
32.14	1909.6	7.02ab	8.68	6.10	9.83ab	31.63abc
35.71	1825.4	6.56b	7.86	5.94	7.22b	27.58bc
39.29	1694.3	5.92b	6.38	5.74	8.14ab	26.18c
42.86	1711.5	6.56b	7.66	7.50	10.14ab	30.36abc
DMS <sup>∞</sup>	726.67	2.9	3.51	3.72	6.22	11.28
CV <sup>€</sup> (%)	20.89	19.65	23.07	27.93	30.69	18.15

<sup>£</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). <sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coefficiente de variación. <sup>μ</sup>Área foliar. <sup>β</sup>Materia seca de tallo. <sup>γ</sup>Materia seca de hoja. <sup>ν</sup>Materia seca de flor. <sup>δ</sup>Materia seca de bulbo. <sup>θ</sup>Materia seca total (tallo + hoja + flor + bulbo).

#### 2.6.4. Concentración nutrimental

La concentración de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio fueron afectados significativamente por la aplicación de nitrógeno (Cuadro 6); de acuerdo a los resultados, con 42.86 meq L<sup>-1</sup> de N se obtuvo la mayor concentración de nitrógeno, 14.5 g kg<sup>-1</sup>; en comparación con 0 meq L<sup>-1</sup> de N con 6.6 g kg<sup>-1</sup>. Mills y Benton (1996) reportaron que la concentración de suficiencia de N para el cultivo de *Lilium* spp. es de 20 g kg<sup>-1</sup>. La aplicación del 35.71 meq L<sup>-1</sup> de N indujo la mayor concentración de fósforo, 2.4 g kg<sup>-1</sup>, la menor concentración se encontró con 0 y 14.29 meq L<sup>-1</sup> de N, con 1.8 g kg<sup>-1</sup>; Betancourt *et al.* (2005) reportaron una concentración de 1.4 g kg<sup>-1</sup> de P en *Lilium* cv. Stargazer. Mills y Benton (1996) mencionaron que el intervalo de suficiencia de P para *Lilium* spp. es de 1.5 a 2.4 g kg<sup>-1</sup>; por otro lado, Marschner (1995) determinó que el requerimiento de P para un crecimiento óptimo se sitúa en un intervalo de 3 a 5 g kg<sup>-1</sup> de la materia seca del vegetal; por lo tanto, los valores reportados en este trabajo están en el intervalo que Mills y Benton (1996) reportaron y no para el que Marschner (1995) determinó; posiblemente se deba al tipo de cultivo donde este autor evaluó el contenido de P. La concentración alta de potasio se tuvo con la aplicación de 35.71 meq L<sup>-1</sup> de N (17.3 g kg<sup>-1</sup>) y la baja con 0 meq L<sup>-1</sup> de N (14.0 g kg<sup>-1</sup>); estas concentraciones están dentro de los intervalos de suficiencia; de acuerdo a lo reportado por Salisbury y Ross (1994); para la mayoría de las plantas superiores la concentración de K adecuada es de 10 g kg<sup>-1</sup>; para Mills y Benton (1996) el requerimiento de K para un óptimo crecimiento de *Lilium* spp. va de 14 a 39 g kg<sup>-1</sup>. Betancourt *et al.* (2005) reportaron una concentración promedio de 12.5 g kg<sup>-1</sup> de K para que el cultivo se desarrolle de manera óptima.

Salisbury y Ross (1994) reportaron que la concentración de Ca que se considera adecuada en tejido seco, para la mayoría de las plantas superiores es de 5 g kg<sup>-1</sup>. Por otro lado Mills y Benton (1996), reportaron que el intervalo de suficiencia de calcio para *Lilium* spp. es de 2 a 15 g kg<sup>-1</sup>. La concentración de Mg no fue afectada significativamente por la aplicación de N; sin embargo, las concentraciones estimadas en este trabajo estuvieron dentro de los intervalos de suficiencia reportados por Mills y Benton (1996), los cuales van de 1.9 a 2.5 g kg<sup>-1</sup> de Mg. Wilkinson *et al.* (2000) mencionaron que la aplicación de N incrementa la absorción de P, K, S, Ca y Mg, de tal manera que estos elementos están presentes en cantidades suficientes durante el crecimiento medio; en general se observó que en los tratamientos con mayor suministro de nitrógeno aumentaron la concentración de K, Ca y Mg.

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de nitrógeno en la concentración de N, P, K, Ca y Mg en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de N (meq L <sup>-1</sup> )	Concentración de nutrimentos (g kg <sup>-1</sup> de m.s)				
	N <sup>a</sup>	P <sup>b</sup>	K <sup>l</sup>	Ca <sup>o</sup>	Mg <sup>6</sup>
0.00	6.6d <sup>£</sup>	1.8b <sup>£</sup>	14.0b <sup>£</sup>	3.9b <sup>£</sup>	2.5 <sup>¶¶</sup>
7.14	9.7bc	2.0ab	14.4ab	4.4ab	2.4
14.29	9.3cd	1.8b	14.1b	4.8ab	2.2
21.43	10.5bc	2.0ab	15.8ab	4.4ab	2.1
25.00	11.0bc	2.1ab	15.0ab	5.1ab	2.0
28.57	10.7bc	2.0ab	16.5ab	4.7ab	2.0
32.14	12.0abc	2.1ab	16.8ab	4.9ab	2.1
35.71	12.5ab	2.4a	17.3a	5.5a	2.1
39.29	11.8abc	2.0ab	15.7ab	4.8ab	1.9
42.86	14.5a	1.9ab	15.6ab	4.6ab	2.1
DMS <sup>∞</sup>	2.9	0.5	3.2	1.5	0.6
CV <sup>€</sup> (%)	20.02	17.05	15.54	24.26	20.88

<sup>£</sup>Medias con letras diferentes entre columnas son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coefficiente de variación. <sup>a</sup>Nitrógeno. <sup>b</sup>Fósforo. <sup>l</sup>Potasio. <sup>o</sup>Calcio. <sup>6</sup>Magnesio.

Entre órganos (tallo, hoja, flor y bulbo usado) se detectaron diferencias significativas en la concentración de los elementos en estudio (Cuadro 7). La mayor concentración de N, K, Ca y Mg se encontró en hoja (17.6, 23.0, 10.5 y 3.7 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente) y de P en tallo (2.5 g kg<sup>-1</sup>); la menor concentración de N, Ca y Mg se encontró en tallo (5.4, 2.1 y 0.7 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente), K en bulbo usado (7.4 g kg<sup>-1</sup>) y P en hoja y bulbo, con 1.6 g kg<sup>-1</sup>, ambos. Ortega *et al.* (2006) mencionaron que al momento de la plantación las mayores concentraciones de N, P y K se encuentran en el bulbo y provienen de sus reservas; luego, cuando la parte aérea de la planta se desarrolla a través de un rápido incremento en altura, aumentando su área fotosintética y se distinguen los botones florales, los nutrimentos se traslocan hacia ellos.

Cuadro 7. Concentración de N, P, K, Ca y Mg en tallo, hoja, flor y bulbo usado de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Órgano	Concentración de elementos (g kg <sup>-1</sup> de m.s)				
	N <sup>a</sup>	P <sup>b</sup>	K <sup>l</sup>	Ca <sup>io</sup>	Mg <sup>6</sup>
Tallo	5.4d <sup>£</sup>	2.5a <sup>£</sup>	9.9b <sup>£</sup>	2.1c <sup>£</sup>	0.7c <sup>£</sup>
Hoja	17.6a	1.6b	23.0a	10.5a	3.7a
Flor	13.4b	2.3a	21.8a	2.9b	2.1b
Bulbo usado	6.9c	1.6b	7.4c	3.3b	2.0b
DMS <sup>∞</sup>	1.5	0.2	1.6	0.8	0.3
CV <sup>€</sup> (%)	20.02	17.05	15.54	24.26	20.88

<sup>£</sup>Medias con letras diferentes entre columnas son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coeficiente de variación. <sup>a</sup>Nitrógeno. <sup>b</sup>Fósforo. <sup>l</sup>Potasio. <sup>io</sup>Calcio. <sup>6</sup>Magnesio.

La relaciones de concentración nutrimental entre N, P, K, Ca y Mg resultaron significativas; no así, para la de K:Ca, K:P y Ca:P. Se puede observar en el Cuadro 8, que con 0 meq L<sup>-1</sup> de N (2.10 unidades por unidad) se dió la mayor relación de K:N. En la relación N:Ca, con 42.86 meq L<sup>-1</sup> de N se determinó que por cada 4.07 unidades de

nitrógeno hubo una de Ca. Para N:Mg se observó con 42.86 meq L<sup>-1</sup> de N, una relación de 8.40 de N por una de Mg; superando a 0 meq L<sup>-1</sup> de N , con 2.75 de N por una de Mg. En la relación de N:P, la aplicación 42.86 meq L<sup>-1</sup> de N superó a 0 meq L<sup>-1</sup> de N; 8.62 de N por una de P y 3.84 de N por una de P, respectivamente. La mayor relación de K:Mg se dio con la aplicación de 28.57 meq L<sup>-1</sup> de N, en comparación con 0 meq L<sup>-1</sup> de N (10.27 y 5.58, respectivamente). En la relación Ca:Mg, se encontró que en 35.71 meq L<sup>-1</sup> de N se obtuvo el mayor valor, en comparación con 0 meq L<sup>-1</sup> de N (2.62 y 1.60, respectivamente). La mayor relación de Mg:P (1.80 unidades) se obtuvo con 35.71 meq L<sup>-1</sup> de N, y la menor con 0 meq L<sup>-1</sup> de N (0.94).

Cuadro 8. Valores promedio obtenidos para cada una de las relaciones entre N, P, K, Ca y Mg en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de N (meq L <sup>-1</sup> )	Elementos									
	K <sup>Ⓐ</sup> :N <sup>Ⓐ</sup>	N:Ca <sup>Ⓘ</sup>	N:Mg <sup>Ⓒ</sup>	N:P <sup>Ⓑ</sup>	K:Ca	K:Mg	K:P	Ca:Mg	Ca:P	Mg:P
0.00	2.10a <sup>Ⓔ</sup>	1.84c <sup>Ⓔ</sup>	2.75e <sup>Ⓔ</sup>	3.84c <sup>Ⓔ</sup>	3.77 <sup>Ⓝ</sup>	5.58c <sup>Ⓔ</sup>	8.03 <sup>Ⓝ</sup>	1.60c <sup>Ⓔ</sup>	2.39 <sup>Ⓝ</sup>	0.94b <sup>Ⓔ</sup>
7.14	1.70abc	2.52bc	4.12de	5.46bc	3.91	7.01bc	7.90	1.83ab	2.55	1.29ab
14.29	1.75abc	2.13bc	4.45cde	5.43bc	3.53	7.92abc	8.07	2.26ab	2.96	1.35ab
21.43	1.55abc	2.96b	6.24abcd	5.56bc	4.35	9.51ab	8.25	2.25ab	2.49	1.56a
25.00	1.73abc	2.55bc	5.46bcd	5.50bc	3.88	9.23ab	7.33	2.52a	2.62	1.69a
28.57	1.57abc	2.76bc	6.27abcd	5.77bc	4.66	10.27a	8.58	2.48a	2.66	1.64a
32.14	1.45bc	3.16ab	6.57abc	6.56b	4.81	9.88ab	8.84	2.35ab	2.98	1.64a
35.71	1.43bc	2.94b	6.51abc	5.79b	4.44	9.74ab	7.90	2.62a	2.77	1.80a
39.29	1.32bc	3.14ab	7.07ab	6.33b	4.44	9.70ab	8.11	2.50a	2.80	1.71a
42.86	1.13c	4.07a	8.40a	8.62a	4.75	9.50ab	8.93	2.28ab	2.83	1.56a
DMS <sup>Ⓞ</sup>	0.62	1.09	2.26	1.95	1.56	2.89	1.84	0.52	0.94	0.61
CV <sup>Ⓔ</sup> (%)	29.74	29.58	29.67	25.06	27.73	24.81	16.99	17.46	26.23	30.24

<sup>Ⓔ</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>Ⓝ</sup>No significativo. <sup>Ⓞ</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>Ⓔ</sup>Coefficiente de variación. <sup>Ⓐ</sup>Nitrógeno. <sup>Ⓑ</sup>Fósforo. <sup>Ⓒ</sup>Potasio. <sup>Ⓘ</sup>Calcio. <sup>Ⓒ</sup>Magnesio.

En el Cuadro 9 se muestran las relaciones entre elementos en los diferentes órganos. En tallo se observaron los máximos valores de las relaciones de K:N, N:Mg, K:Mg, Ca:Mg y Mg:P; las relaciones más altas de N:P, K:P y Ca:P se observaron en hoja, las más bajas en N:Ca, N:Mg y P:Mg; en flor las relaciones de N:Ca y K:Ca alcanzaron el mayor promedio, los menores en Ca:Mg y Ca:P. Las relaciones entre elementos determinados en bulbo, fueron las más bajas en comparación con los otros órganos para K:N, N:Mg, K:Ca (estadísticamente igual al de hoja), K:Mg y K:P (estadísticamente igual al de tallo).

Ortega *et al.* (2006) reportaron que hubo diferencias significativas para los nutrimentos absorbidos en los órganos a cosecha, destacando las mayores extracciones de K en la parte aérea. Kawagishi y Miura (1996) reportan que el K no presentó variaciones significativas en bulbo y en la parte aérea durante el desarrollo del cultivo.

Cuadro 9. Valores promedio de las relaciones entre N, P, K, Ca y Mg en tallo, hoja, flor y bulbo de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Órgano	Elementos									
	K <sup>Li</sup> :N <sup>a</sup>	N:Ca <sup>Io</sup>	N:Mg <sup>6</sup>	N:P <sup>h</sup>	K:Ca	K:Mg	K:P	Ca:Mg	Ca:P	Mg:P
Tallo	2.06a <sup>£</sup>	2.52b <sup>£</sup>	7.99a <sup>£</sup>	2.12d <sup>£</sup>	4.62b <sup>£</sup>	14.60a <sup>£</sup>	3.94c <sup>£</sup>	3.12a <sup>£</sup>	0.87c <sup>£</sup>	3.72a <sup>£</sup>
Hoja	1.39bc	1.74c	5.01c	11.15a	2.28c	6.39c	14.52a	2.91a	6.55a	0.45c
Flor	1.69b	4.72a	6.55b	5.90b	7.62a	10.44b	9.45b	1.38c	1.27c	1.10b
bulbo	1.16c	2.24bc	3.58d	4.37c	2.48c	3.91d	4.86c	1.65b	2.13b	0.81b
DMS <sup>∞</sup>	0.32	0.56	1.16	0.99	0.79	1.48	0.94	0.27	0.48	0.31
CV <sup>€</sup> (%)	29.74	29.58	29.67	25.06	27.73	24.81	16.99	17.46	26.23	30.24

<sup>£</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coefficiente de variación. <sup>a</sup>Nitrógeno. <sup>h</sup>Fósforo. <sup>Li</sup>Potasio. <sup>Io</sup>Calcio. <sup>6</sup>Magnesio.

### 2.6.5. Comparación nutricional entre bulbo nuevo y bulbo usado

La comparación entre bulbo nuevo (BN) y bulbo usado (BU) en los diferentes tratamientos, indican que la aplicación de nitrógeno influyó significativamente en la materia seca y la concentración de elementos (Cuadro 10). La materia seca promedio del BU al final del ciclo (103 DDE) se redujo entre 50 y 73 % en casi todos los tratamientos. Ortega *et. al.* (2006), determinaron en tres cultivares de *Lilium* spp. que la movilización de nutrimentos desde el bulbo hacia la parte aérea se da en los primeros días de crecimiento, debido a que esta es la estructura de reserva y que el bulbo a medida que envejece, presenta una disminución en el contenido nutricional. La cantidad de nutrimentos trasladados hacia la parte aérea va acompañada de una disminución en la materia seca de los bulbos. Artacho y Pinochet (2008), mencionaron que la reducción de la materia seca del BN a los 112 DDE fue de 40 % en tulipán. Toit *et al.* (2004) mencionaron que la reducción de la materia seca se debe al consumo de almidón y exportación de azúcares y nutrimentos iniciales hacia raíces y hojas, considerando la alta correlación entre la concentración de almidón y la materia seca de los bulbos de *Lanthenalia*. La concentración de N en el bulbo no fue afectada por los tratamientos. Las concentraciones más altas de Ca se obtuvieron con 35.71, 32.14 y 25.00 meq L<sup>-1</sup> de N, en comparación con el BN, con 0.9 mg g<sup>-1</sup>. Los tratamientos con 42.86, 32.14 y 14.29 meq L<sup>-1</sup> de N (2.50, 2.40 y 2.30 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente) presentaron el contenido más alto de Mg con respecto al BN (0.6 mg g<sup>-1</sup>). El mayor porcentaje de K se alcanzó con la aplicación de 35.71 meq L<sup>-1</sup> de N (9.10 mg g<sup>-1</sup>), los más bajos se observaron en el BN y 39.29 meq L<sup>-1</sup> de N. El contenido de P en el tratamiento con 35.71 meq L<sup>-1</sup> de N (2.20 mg g<sup>-1</sup>), fue completamente diferente al del BN

(0.9 mg g<sup>-1</sup>). Según Ortega *et al.* (2006), cerca del punto de cosecha, de tallos florales, para los cvs. Navona y Fangio, la acumulación de nutrimentos en el bulbo es mínima, pero a los 100 DDE esta situación se revierte, produciéndose una rápida acumulación en el bulbo en formación; mientras que el cv. Miami, al momento de cosecha de los tallos florales, el bulbo ya se encuentra en la etapa de acumulación de nutrimentos.

Cuadro 10. Concentración nutrimental de bulbos nuevos y usados de *Lilium* híbrido oriental Casablanca cultivado en hidroponía.

Concentración de N (meq L <sup>-1</sup> )	Nutrimentos					
	MS <sup>o</sup>	N <sup>a</sup>	P <sup>h</sup>	K <sup>l</sup>	Ca <sup>io</sup>	Mg <sup>o</sup>
	g		g kg <sup>-1</sup> de m.s			
BN	27.40a <sup>£</sup>	5.30 <sup>¶¶</sup>	0.90c <sup>£</sup>	5.20c <sup>£</sup>	0.90b <sup>£</sup>	0.60b <sup>£</sup>
0.00	13.78b	4.30	1.20bc	7.00abc	2.00ab	1.70ab
7.14	13.08b	8.60	1.60abc	7.70abc	2.80 ab	2.10ab
14.29	9.57b	5.30	1.30bc	6.10bc	3.00 ab	2.30a
21.43	9.88b	5.90	1.20bc	7.20abc	2.20 ab	1.60ab
25.00	9.08b	8.00	1.80ab	8.00abc	4.10a	2.00ab
28.57	7.42b	7.30	1.60abc	7.20abc	3.30ab	1.80ab
32.14	9.83b	7.20	1.70abc	8.70ab	4.20a	2.40a
35.71	7.32b	8.90	2.20a	9.10a	4.40a	1.90ab
39.29	10.47b	5.30	1.30bc	5.30c	3.50ab	2.00ab
42.86	10.40b	0.79	1.70ab	8.10abc	3.50ab	2.50a
DMS <sup>∞</sup>	8.52	4.80	0.8	2.90	2.80	1.60
CV <sup>€</sup> (%)	25.05	24.62	17.53	13.61	30.84	29.33

<sup>£</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coefficiente de variación. <sup>o</sup>Materia seca. <sup>a</sup>Nitrógeno. <sup>h</sup>Fósforo. <sup>l</sup>Potasio. <sup>io</sup>Calcio. <sup>o</sup>Magnesio.

Los resultados de la comparación de bulbos indica que la aplicación de N incremento la concentración nutrimental de los bulbos al final del ciclo, esto se puede explicar por los sinergismos que el N establece con otros elementos Wilkinson *et al.* (2000); Ortega *et*

al. (2006), Betancour *et al.* (2005) y Artacho y Pinochet (2008), coinciden en que es necesaria una fertilización adecuada para la producción de flores comerciales.

## 2.7 CONCLUSIONES

La aplicación de  $7.14 \text{ meq L}^{-1}$  de nitrógeno es suficiente para obtener plantas con 134 cm de longitud, 4.6 flores por tallo, una vida de florero de 22 días después del corte y mayor contenido de materia seca por planta; por lo que se recomienda esta concentración para un cultivo comercial de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Con la aplicación de  $35.71 \text{ meq L}^{-1}$  de nitrógeno se incrementaron las concentraciones de N, Ca, K y P en el bulbo; por lo que se debe de considerar este tratamiento para la producción y engorde de bulbos.

En este trabajo se encontró que el aporte de nutrimentos mediante la fertilización, hizo que se incrementara la absorción y acumulación de nutrimentos en los diferentes órganos; lo que demuestra la importancia de la fertilización para tener un mejor desarrollo del cultivo, mejorar la vida en florero, calidad y estado nutricional de la planta o bulbo.

## 2.8 LITERATURA CITADA

Anónimo. 1996. Grower guides. Potted plants. Publication number 10000114. Disponible en <http://www.msue.edu/msue/imp/mod10/10000114.html>. Consultado en marzo 2008.

Alcántar G.G.; Sandoval V.M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C., Chapingo, Méx., 156 p.

Álvarez S.M. E.; Maldonado T.R.; García M.R.; Almaguer V.G.; Rupit A.J.; Zavala F. 2008. Suministro de calcio en el desarrollo y nutrición de *Lilium* asiático. *Agrociencia* 42:881-889.

Artacho V.P.; Pinochet T.D. 2008. Producción de materia seca y absorción de nitrógeno del cultivo del tulipán (*Tulipa gesneriana* L.). *Agrociencia* 42:37-45.

Bañón, S.; Cifuentes D.; Fernández J.; González A. 1993. Gerbera, Lilium, Tulipán y Rosa. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España, 250 p.

Beck, R. 1984. The "hows" and "whys" of hybrid lilies. *Florist' Rev.* 175(4529):22, 24, 27.

Betancourt O.M.; Rodríguez M.M.N.; Sandoval V.M.; Gaytán A. E. 2005. Fertilización foliar una herramienta en el desarrollo del cultivo de *Lilium* cv.Stargazer. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 11:371-378.

De Hertogh, A.; Le Nard M. 1993. The Physiology of Flower Bulbs. Elsevier Science. Amsterdam A., Netherlands. 811 p.

Dole, M.; Wilkins H. 2005. Floriculture: principles and species. Second Edition Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, USA. 1022 p.

Kawagishi, K.; Miura T. 1996. Changes in nutrient content of spring-planted edible lili (*Lilium leichtlinii* Hook f. var. *maximowiczii* Baker). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 65(2): 339-347.

Lily Picture Book. Sin año. Third Edition. Prepared and Issued by International Flower Bulb Centre. Citado en: <http://video.bulbsonline.org/emag/Lily/Lilybinder.html>

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press. London, Great Britain. 889 p.

Miller, W. 1993. *Lilium longiflorum*. In: The Physiology of Flower Bulbs. de Hertogh., and M. Le Nard (eds). Elsevier Science Publishers. Amsterdam, Holanda. pp:331-422.

Mills, A.H.; Benton, J.Jr. 1996. Plant Analysis Handbook II. MicroMacro Publishing Athens, GA, USA. 422 p.

Ortega B.R.; Correa B.M.; Olate M.E. 2006. Determinación de las curvas de acumulación de nutrientes en tres cultivares de *Lilium* spp. para flor de corte. *Agrociencia* 40:339-347.

Ohyama, T., Ikarashi T.; Baba A. 1988a. Effect of cold storage treatment for forcing bulbs on the C y N metabolism of tulip plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 34(4): 519-533.

Ohyama, T.; Ikarashi T.; Obata A.; Baba A. 1988b. Role of nitrogen accumulated in tulip roots during winter season. *Soil Sci. Plant Nutr.* 34(3): 341-350.

Pinochet D. 1999. Fertilización de las plantas bulbosas. *In*: Seemann, P., y N. Andrade (eds). *Cultivo y Manejo de Plantas Bulbosas Ornamentales*. Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. pp:123-137.

Salisbury, B.F.; Ross W.C. 1994. *Fisiología Vegetal*. Traducción al español por Virgilio González Velázquez. Iberoamerica. D.F., México. 760 p.

SAS. 1999. *Statistical Analysis System. Versión 8*. Institute Inc. (Ed.). Cary. NC. USA. 943 p.

Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. *In: Proceedings of 6th International Congress on Soilless Culture. International Society for Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp:633-650.*

Toit, E.; Robbertse P.; Niederwieses J. 2004. Plant carbohydrate partitioning of *Lachenalia* cv. Ronina during bulb production. *Scientia Horticulturae* 102: 433-440.

Wilkinson, S.R.; Grunes D.L.; Sumner M.E. 2000. Nutrients interactions in soil and plant nutrition. *In: Handbook of soil science, M. E. Sumner (ed.). Boca Raton, FL. CRC Press. pp 89-112.*

**III. CALCIO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO, CALIDAD Y ESTADO  
NUTRIMENTAL EN *LILIUM* HIBRIDO ORIENTAL CASABLANCA**

### 3.1 CALCIO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO, CALIDAD Y ESTADO NUTRIMENTAL EN *LILIUM* HIBRIDO ORIENTAL CASABLANCA.

#### 3.2 RESUMEN

El suministro adecuado de calcio es esencial para producir plantas de calidad, debido a la relación que tiene con otros elementos; además, es necesario cuantificar la concentración de los nutrimentos absorbidos por las plantas para determinar una fertilización adecuada; la investigación tuvo como objetivo determinar la concentración óptima de Ca con relación a la calidad, vida de florero y estado nutrimental en plantas de *Lilium* híbrido oriental Casablanca. El cultivo se realizó en invernadero, con bulbos de 18/20 cm, bajo un diseño experimental completamente al azar, con 10 tratamientos (0.0, 2.5, 8.0, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5, 20.0, 25.0, 30.0 meq L<sup>-1</sup>) de calcio con 10 repeticiones. El número de hojas a los 78 DDE, el área foliar y diámetro apical fueron afectados significativamente; la altura, diámetro (basal y medio), número de flores, vida de florero, materia seca de órganos no se vieron afectados significativamente. Las concentraciones de elementos y las relaciones entre éstos fueron afectadas por los tratamientos. Los bulbos usados aumentaron su concentración de nutrimentos a la cosecha. Con la aplicación de 10 meq L<sup>-1</sup> de calcio se observó un buen desarrollo del cultivo y la mayor concentración de nutrimentos en bulbo con 30.0 meq L<sup>-1</sup>. Los resultados indican la importancia de suministrar una adecuada concentración de calcio para la producción de flores de corte o de bulbos de *Lilium* spp.

**Palabras clave:** concentración nutrimental, vida en florero, bulbo nuevo y usado.

### 3.3 ABSTRACT

The optimal concentration of calcium in the fertilization rate is essential to produce quality plants, due to the relationship with other elements is also necessary to quantify the concentration of nutrients absorbed by plants to determine an adequate fertilization, this research aimed to determine the optimal concentration of Ca in relation to the quality and pot life flower in *Lilium* oriental hybrid Casablanca. Growth was carried out in a greenhouse with 18/20 cm bulbs under a completely randomized design with 10 treatments (0.0, 2.5, 8.0, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5, 20.0, 25.0, 30.0 meq·L<sup>-1</sup>) of calcium with 10 replicates. The number of leaves at 78 DDE, and leaf area were significantly affected, apical diameter, height, diameter (basal and medium), number of flowers, vase life, dry weight of organs were not affected significantly. The concentration of elements and their relations were significant between treatments and organs. The bulbs used increased concentration of nutrients at harvest. With the application of 10 meq·L<sup>-1</sup> calcium the crop showed a good development and the highest concentration of nutrients in the bulb with 30.0 meq·L<sup>-1</sup>. The results indicate the importance of providing an adequate concentration of calcium for the production of cut flowers or bulbs.

**Key words:** nutrimental concentration, pot life flower, bulb new and used.

### 3.4 INTRODUCCIÓN

En los últimos 25 años o más, se ha incrementado el número de reportes de desórdenes fisiológicos de plantas asociados con la inadecuada nutrición de calcio. Estos desórdenes fisiológicos son el resultado de deficiencias localizadas en las plantas y aparecen predominantemente en la agricultura y horticultura intensiva. Las posibles razones de que producen estos desórdenes no son aún claros. Se ha observado que éstos están asociados, al menos en parte, con las tendencias recientes en la reducción de las cantidades de fertilizantes inorgánicos con calcio usados, en relación a otros nutrimentos.

La nutrición de plantas ornamentales es uno de los principales factores que determinan su producción y calidad. En general, cuando éstas carecen de nutrimentos o el suministro es insuficiente y pueden desarrollar poca altura, menor número de botones florales, flores de baja calidad, pudiendo aumentar entonces la susceptibilidad a plagas y enfermedades (Bañón *et al.*, 1993). El cultivo de *Lilium* spp. es una de las especies de importancia económica en la producción de flores de corte; sin embargo, Ortega *et al.* (2006) mencionan que hay pocos estudios sobre éstas y que no destacan por sus exigencias nutrimentales, por lo tanto las recomendaciones de fertilización son limitadas y contradictorias (Dole y Wilkins, 2005); presentando algunos cultivares problemas como necrosis en hojas, casos severos de flacidez del tallo y corta vida en florero. Dichos efectos pueden ser ocasionados por la deficiencia de calcio (Álvarez *et al.*, 2008), magnesio y nitrógeno entre otros.

Las plantas superiores generalmente contienen cantidades considerables de calcio, generalmente en un intervalo de 1 a 50 mg g<sup>-1</sup> de calcio en materia seca (Kirkby y Pilbeam, 1984). El contenido de calcio en plantas está en el orden de 1 a 3 kg por 100 kg de materia seca; en cualquier caso, las hojas y tallos son más ricos en calcio que los órganos subterráneos (Demarty *et al.*, 1984). Tasas altas de transpiración favorecen el transporte de calcio para las hojas exteriores a expensas de las hojas interiores (Bradfield y Guttridge, 1979). Por lo que la presente investigación tuvo como objetivo determinar la concentración óptima de calcio con relación a la calidad, vida en florero y estado nutrimental en plantas de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

### **3.5 MATERIALES Y MÉTODOS**

Bulbos de calibre 18/20 de *Lilium* híbrido oriental. Casablanca ya vernalizados, se plantaron en macetas de 5 litros de volumen, como sustrato se utilizó tezontle rojo, con tamaño de partícula de 5 mm, sin esterilizar. Los bulbos se enjuagaron con agua corriente para quitar el sustrato en el que venían protegidos, se colocó un bulbo por maceta. El experimento se realizó en un invernadero de cristal con temperaturas promedio de 31.3 °C durante el día y 12.7 °C por la noche; la humedad relativa máxima fue de 96.5 % y la mínima de 35.3 %. Se colocó malla sombra (50 %) para reducir la luminosidad y promover el crecimiento vegetativo en los primeros 30 días del cultivo, una vez que comenzó a observarse la emergencia del botón floral se retiró. Los tratamientos (Cuadro 1) consistieron en diferentes concentraciones de calcio en la

solución nutritiva tomando como referencia la solución nutritiva Universal de Steiner (1984).

Cuadro 1. Soluciones nutritivas usadas en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Ca <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Meq L <sup>-1</sup>			pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )
				NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		
0.00	11.46	0.00	6.54	10.80	0.90	6.30	5.6	2.1
2.50	10.50	2.50	6.00	11.40	0.95	6.65	5.5	2.1
8.00	7.64	8.00	4.36	12.00	1.00	7.00	5.4	2.3
10.00	7.00	10.00	4.00	12.60	1.05	7.35	5.5	2.4
12.50	6.05	12.50	3.45	13.20	1.10	7.70	5.5	2.5
15.00	5.00	15.00	4.00	14.40	1.20	8.40	5.6	2.6
17.50	5.00	17.50	3.50	15.60	1.30	9.10	5.5	2.8
20.00	5.00	20.00	3.00	16.80	1.40	9.80	5.5	2.9
25.00	5.00	25.00	3.00	19.80	1.65	11.55	5.5	3.0
30.00	5.00	30.00	3.00	22.80	1.90	13.30	5.5	3.2

Los tratamientos se complementaron con la solución de micronutrientes sugerida por Steiner (1984).

**Diseño del experimento.** Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento y como unidad experimental una maceta con una planta de *Lilium* híbrido oriental Casablanca. La aplicación de las soluciones nutritivas se hizo hasta la segunda semana después de la plantación, se regó cada tercer día, aplicando 100 mL a cada maceta en el primer mes; posteriormente se aplicaron 200 mL con el mismo intervalo de tiempo hasta el corte de los tallos florales.

Durante el desarrollo del cultivo se evaluaron a los 16, 22, 38, 50, 58, 64 y 78 días después de la emergencia (DDE): Altura de planta (A), una vez que comenzó el crecimiento del ápice. Número de hojas (NH), se contó el número de hojas de cada unidad experimental; diámetro de tallo basal (DB), medio (DM) y apical (DA). Al final del

cultivo se midió con un vernier la parte basal donde emergen las raíces adventicias, la parte media del tallo y la parte donde comenzó la inflorescencia, denominado punto apical; a los 103 días DDE (cuando el cultivo alcanzó su madurez comercial) se contabilizó el número de flores por tallo (NF); se midió la longitud y ancho de tépalos (LT y AT, respectivamente), para lo cual se seleccionó un tépalo al azar en la primera flor abierta de cada unidad experimental.

**Vida de florero.** Se tomaron cuatro unidades experimentales de las diez que se tenían por tratamiento; los tallos se cortaron de las macetas cuando los botones estaban próximos a la apertura floral; se colocaron en el laboratorio, en donde se tenía una temperatura máxima de 26.8 °C y una mínima de 14.6 °C; la humedad relativa máxima y mínima registradas fue de 82.8 y 43.6 %, respectivamente; todos los tallos se cortaron con una longitud de 60 centímetros. Por último se colocó cada uno de ellos en una probeta de 100 mL con 80 mL de agua de la llave, la pérdida de agua por evaporación y transpiración se repuso diariamente hasta el final de la evaluación. Para esto se registró el día en que se cortaron y el día en que se marchitó en su totalidad la última flor, considerando este tiempo como días después de la cosecha (DDC).

**Análisis nutrimental.** Para esta determinación se seleccionaron al azar seis plantas por tratamiento y cada planta se seccionó en raíz con bulbo, tallo, hojas y flores; se determinó el área foliar (AF) con un integrador de área foliar LI-COR modelo 3100. Posteriormente los órganos se lavaron por separado con agua de la llave y se enjuagaron con agua destilada. Se secaron en una estufa con circulación de aire forzado a 65 °C, hasta peso constante. Se registró la materia seca de tallo (MST), materia seca de hoja (MSH), materia seca de flor (MSF), materia seca de bulbo (MSB) y la materia seca total (MT) de cada unidad experimental; después, se molieron por

separado en un molino de acero inoxidable Wiley, provisto de un tamiz de 20 mallas. Para el análisis nutrimental se mezcló el material de dos plantas por tratamiento para tener un total de tres repeticiones; se pesaron 0.5 g de materia seca y se realizó una digestión húmeda con 4 mL de una mezcla de ácido sulfúrico y ácido perclórico en proporción 2:1, y 2 mL de peróxido de hidrógeno. La determinación de nitrógeno total (N) se hizo por el método de micro-Kjeldhal (Alcántar y Sandoval, 1999). La concentración de potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg) se determinó mediante un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada (ICP-AES Liberty II Varian Australia Pty Ltd Victoria, Australia).

Por último, se realizó una comparación nutrimental entre bulbos (bulbo nuevo, BN, y bulbo usado, BU); al inicio del experimento se tomaron al azar tres bulbos (BN), del lote de bulbos comprados, los cuales se lavaron, secaron y pesaron para posteriormente determinar su concentración nutrimental; se consideraron como BU a los utilizados para establecer el experimento; una vez que terminó el ciclo del cultivo, se sacaron de las macetas, se separaron del tallo y se lavaron, secaron y pesaron para determinar su concentración nutrimental de la forma antes mencionada.

Con los datos se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey, con el paquete estadístico SAS V.8 (Statistical Analysis System, 1999).

## 3.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.6.1 Efecto del Ca en el desarrollo de *Lilium* híbrido oriental Casablanca

Durante el desarrollo del cultivo no se observaron síntomas por deficiencias o toxicidad por efecto de los tratamientos; tampoco se presentaron enfermedades aéreas o con origen en el suelo, a pesar de que no fueron desinfectados los bulbos. Sin embargo, el número de hojas se vió afectado de manera significativa a los 78 DDE; con la aplicación de 17.50 meq L<sup>-1</sup> de Ca se obtuvo el mayor número de hojas por planta (51.4); en comparación con 0 meq L<sup>-1</sup> de Ca con 41.4 hojas (Cuadro 2).

De acuerdo a Dilmaghani *et al.* (2004) el calcio tiene una función importante en el desarrollo de la pared celular, y cuando su contenido es deficiente, la pared celular pierde su integridad, ocasionando desórdenes fisiológicos; se sabe que deficiencias de calcio provocan una constricción y muerte de hojas o se desprenden fácilmente (Fageria, 2009).

Esto indica que con 17.50 meq L<sup>-1</sup> de Ca se retardó la senescencia de las hojas y por lo tanto una caída prematura. La altura no fue afectada significativamente por los tratamientos; la comercialización de flor cortada se basa en la longitud de tallo y en el número de botones; de acuerdo al Centro Internacional de Flores de Bulbo (citado en Lily Picture Book, s/a), para *Lilium* híbrido oriental Casablanca, su periodo de cultivo es de 20 semanas, una altura final de 120 cm y de 5 a 7 botones florales para bulbos de

un calibre de 18/20 cm. En esta investigación el periodo de cultivo fue de 15 semanas aproximadamente y se obtuvieron tallos de primera calidad, con alturas de 119.7 a 128.3 cm y de segunda calidad con menos de 119 cm de longitud.

Cuadro 2. Número de hojas y altura en el ciclo de cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Ca <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	Días después de la emergencia						
	16	22	38	50	58	64	78
	Número de hojas						
0.00	5.5 <sup>¶¶</sup>	24.5 <sup>¶¶</sup>	34.8 <sup>¶¶</sup>	44.3 <sup>¶¶</sup>	44.7 <sup>¶¶</sup>	44.7 <sup>¶¶</sup>	41.4b <sup>£</sup>
2.50	4.4	24.7	39.2	48.9	49.8	47.6	42.8ab
8.00	2.6	23.3	38.2	50.6	49.7	51.3	49.8ab
10.00	5.3	26.4	40.9	51.0	52.3	49.8	49.8ab
12.5	0.8	25.5	39.1	46.9	47.9	47.1	45.5ab
15.00	2.9	24.2	38.7	49.3	49.0	49.0	50.7ab
17.50	1.9	28.0	41.8	50.4	50.8	49.2	51.4a
20.00	2.3	24.1	36.7	48.0	48.0	46.7	48.0ab
25.00	4.7	25.2	36.9	47.4	48.4	47.6	47.4ab
30.00	3.3	24.8	39.6	49.7	49.8	48.9	48.7ab
DMS <sup>∞</sup>	6.89	8.12	7.84	9.35	10.03	9.79	9.8544
CV <sup>€</sup> (%)	139.47	22.09	13.85	13.09	13.93	13.85	14.13
	Altura cm						
0.00	21.9 <sup>¶¶</sup>	36.7 <sup>¶¶</sup>	69.4 <sup>¶¶</sup>	97.5 <sup>¶¶</sup>	104.2 <sup>¶¶</sup>	108.1 <sup>¶¶</sup>	118.7 <sup>¶¶</sup>
2.50	19.6	36.1	69.8	102.6	107.1	112.2	125.1
8.00	15.9	33.1	66.9	99.9	106.0	110.4	122.7
10.00	17.5	35.9	72.3	104.6	112.4	114.6	127.9
12.5	17.0	37.2	73.1	101.5	106.5	109.2	123.2
15.00	17.0	34.0	67.2	97.9	106.7	111.4	125.1
17.50	14.7	40.4	74.6	102.6	108.9	112.9	125.4
20.00	17.1	37.0	68.1	98.0	107.3	109.9	124.2
25.00	21.8	38.2	68.1	95.8	104.7	109.4	119.7
30.00	18.5	36.0	69.9	103.3	108.5	112.9	128.3
DMS <sup>∞</sup>	7.37	13.26	16.55	16.05	15.45	13.52	15.10
CV <sup>€</sup> (%)	27.63	24.82	16.12	10.90	9.81	8.29	8.29

<sup>£</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coefficiente de variación.

El suministro de calcio no afectó significativamente el diámetro basal (DB), diámetro medio (DM), número de flores (NF), longitud de tépalo (LT) y ancho de tépalo (AT); por el contrario el diámetro apical (DA) fue afectado significativamente; con la aplicación de 30.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca se presentó el promedio más alto (6.6 mm), en comparación con 25.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca con 4.8 mm (Cuadro 3), según Gao *et al.*(2007) el Ca esta involucrado en la elongación celular de las plantas. Las diferencias significativas observadas se deben principalmente al calibre del bulbo, a mayor tamaño de bulbo mayor cantidad de nutrimentos almacenados, y a la exigencia del cultivar; según Beck (1984), este órgano es una excelente reserva de nutrimentos aún hasta la floración. Mientras que Miller (1993) mencionó que el bulbo es la fuente de energía para el crecimiento de brotes y raíces; además, *Lilium* spp. no destaca por sus exigencias nutrimentales (Dole y Wilkins, 2005). Ortega *et al.* (2006) en un estudio de tres cultivares de *Lilium* spp. encontraron que parte del crecimiento de la parte aérea se hizo a expensas de las reservas del bulbo. Por lo tanto una aplicación baja de calcio es suficiente para satisfacer la demanda del cultivo.

Cuadro 3. Valores promedio de las variables evaluadas con calcio, en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Ca <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	Variables de crecimiento					
	DB <sup>1</sup>	DM <sup>&amp;</sup>	DA <sup>§</sup>	NF <sup>#</sup>	AT <sup>§</sup>	LT <sup>¥</sup>
	mm tallo <sup>-1</sup>				cm tépalo <sup>-1</sup>	
0.00	10.3 <sup>¶¶</sup>	7.7 <sup>¶¶</sup>	5.7ab <sup>∞</sup>	3.9 <sup>¶¶</sup>	4.8 <sup>¶¶</sup>	12.2 <sup>¶¶</sup>
2.50	10.8	7.9	6.0ab	4.8	4.1	11.6
8.00	10.9	7.9	5.6ab	4.5	4.5	12.5
10.00	10.6	7.8	5.5ab	4.7	5.0	12.6
12.5	10.4	7.7	5.3ab	4.0	4.6	12.5
15.00	10.9	8.0	5.7ab	4.7	4.6	13.1
17.50	11.0	7.8	5.8ab	4.2	5.0	13.4
20.00	10.7	7.3	5.2ab	4.3	4.7	11.9
25.00	11.0	7.7	4.8b	4.7	4.3	12.5
30.00	9.9	7.3	6.6a	4.4	4.6	12.6
DMS <sup>∞</sup>	1.57	1.72	1.43	1.53	1.53	2.78
CV <sup>€</sup> (%)	10.07	15.23	17.39	23.41	22.70	15.17

<sup>∞</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>¶¶</sup>No significativo (P≤0.05). <sup>€</sup>Coefficiente de variación. <sup>1</sup>Diámetro basal. <sup>&</sup>Diámetro medio. <sup>§</sup>Diámetro apical. <sup>#</sup>Número de flores. <sup>§</sup>Ancho de Tépalo. <sup>¥</sup>Longitud de Tépalo.

### 3.6.2 Vida en florero

Los tratamientos con calcio no influyeron de manera significativa en la vida en florero; sin embargo, existe una diferencia numérica importante, en lo que corresponde a la comercialización de tallos florales de *Lilium* híbrido oriental Casablanca. En los tratamientos con 2.50 y 10.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca se presentó la mayor vida de florero con 23 días, en comparación con la aplicación de 12.5 meq L<sup>-1</sup> de Ca, con 19 días (Cuadro 4).

Cuadro 4. Vida de florero de tallos de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Ca <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	DDC <sup>b</sup>
0.00	21.75 <sup>1ff</sup>
2.50	23.00
8.00	21.50
10.00	23.00
12.5	19.25
15.00	20.50
17.50	20.00
20.00	21.72
25.00	19.75
30.00	20.00
DMS <sup>∞</sup>	6.55
CV <sup>€</sup> (%)	12. 89

<sup>1ff</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coeficiente de variación. <sup>b</sup>Días después del corte.

### 3.6.3 Efecto del calcio en la acumulación de materia seca.

El suministro de calcio influyó de manera significativa en el área foliar (AF); sin embargo, no hubo diferencias en materia seca de tallo, hoja, flor, bulbo y total (Cuadro 5). Con la aplicación de 10 meq L<sup>-1</sup> de calcio se tuvo un AF promedio de 2133.0 cm<sup>2</sup>, en comparación con 1456.2 cm<sup>2</sup> por planta al aplicar 0 meq L<sup>-1</sup>; de acuerdo a Dong *et al.* (2009) la aplicación de calcio influye significativamente en la estructura del tejido (número y tamaño de las células) en los segmentos de la membrana.

Por otro lado Ortega *et al.* (2006) observó en tres cultivares de *Lilium* spp. una importante variabilidad en materia seca, entre órganos, particularmente en la materia seca acumulada en tallo y hojas; esto a pesar de que el crecimiento en altura fue

bastante homogéneo, lo cual no concuerda con esos resultados y posiblemente se deba al cultivar y al diámetro de bulbo usado.

Cuadro 5. Valores promedio de las variables evaluadas con calcio en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Ca <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	Variables de producción					
	AF <sup>μ</sup>	MST <sup>β</sup>	MSH <sup>γ</sup>	MSF <sup>ν</sup>	MSB <sup>δ</sup>	MT <sup>θ</sup>
	cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>				
0.00	1456.2b <sup>ε</sup>	6.9 <sup>¶¶</sup>	6.4 <sup>¶¶</sup>	5.2 <sup>¶¶</sup>	11.2 <sup>¶¶</sup>	29.7 <sup>¶¶</sup>
2.50	1582.1ab	7.9	6.7	5.8	7.7	28.1
8.00	1913.2ab	7.6	8.3	7.3	10.3	33.4
10.00	2133.0a	8.7	9.7	8.2	10.45	37.1
12.5	1691.9ab	6.8	7.6	5.5	10.7	29.7
15.00	2056.8ab	7.9	8.6	8.1	10.4	33.6
17.50	1918.7ab	7.8	8.4	6.4	10.2	32.9
20.00	1730.3ab	6.9	7.3	6.4	8.9	29.5
25.00	1586.9ab	6.5	6.7	6.0	7.5	26.8
30.00	1850.6ab	7.9	8.3	7.4	8.7	32.4
DMS <sup>∞</sup>	642.42	3.15	3.53	3.83	6.01	12.44
CV <sup>ε</sup> (%)	18.35	21.48	23.16	28.91	31.97	20.31

<sup>ε</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). <sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>ε</sup>Coefficiente de variación. <sup>μ</sup>Área foliar. <sup>β</sup>Materia seca de tallo. <sup>γ</sup>Materia seca de hoja. <sup>ν</sup>Materia seca de flor. <sup>θ</sup>Materia seca de bulbo. <sup>δ</sup>Materia seca total (tallo + hoja + flor + bulbo).

### 3.6.4 Concentración nutrimental

La aplicación de calcio tuvo un efecto significativo en la concentración de Ca y Mg; no así para N, P y K, determinado en el tejido vegetal. En el Cuadro 6 se observa un incremento gradual de las concentraciones de Ca a partir del suministro de 10 meq L<sup>-1</sup>; con 30 meq L<sup>-1</sup> se obtuvo la mayor concentración de Ca (5.8 g kg<sup>-1</sup>), en comparación con 0.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca (2.7 g kg<sup>-1</sup>); la mayor concentración de Mg se alcanzó con 2.50 y

10.0 meq·L<sup>-1</sup> de Ca (2.4 y 2.5 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente) y el más bajo con 25.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca (1.6 g kg<sup>-1</sup>), estadísticamente diferentes; además, el cultivo no presentó síntomas de deficiencias o toxicidad y los resultados obtenidos coinciden con los obtenidos por Salisbury y Ross (1994), quienes reportaron que la concentración de Ca que se considera adecuada en tejido seco, para la mayoría de las plantas superiores es de 5 g kg<sup>-1</sup>; Mills y Benton (1996) reportaron un intervalo de suficiencia de calcio para *Lilium* spp. de 2 a 15 g kg<sup>-1</sup> y Betancourt *et al.* (2005) reportaron una concentración promedio de calcio de 4.3 g kg<sup>-1</sup>.

La concentración de potasio adecuada de acuerdo con Salisbury y Ross (1994), para la mayoría de las plantas superiores es de 10 g kg<sup>-1</sup>; para Mills y Benton (1996) el requerimiento de K para un crecimiento óptimo de *Lilium* spp. va de 14 a 39 g kg<sup>-1</sup>. Betancourt *et al.* (2005) reportaron una concentración promedio de 12.5 g kg<sup>-1</sup> de K y mencionaron que el cultivo se desarrolló de manera óptima. Betancourt *et al.* (2005) reportaron una concentración de 1.4 g kg<sup>-1</sup> de P en *Lilium* cv. Stargazer. Mills y Benton (1996) mencionaron que el intervalo de suficiencia de P para *Lilium* spp. es de 1.5 a 2.4 g kg<sup>-1</sup>; por otro lado, los valores reportados en este trabajo están dentro de los intervalos que Mills y Benton (1996) reportaron.

Las concentraciones de Mg estimadas en este trabajo estuvieron dentro de los intervalos de suficiencia reportados por Mills y Benton (1996); los cuales van de 1.9 a 3 g kg<sup>-1</sup> de Mg. Betancourt *et al.* (2005) reportaron una concentración promedio de 2.5 g kg<sup>-1</sup> de Mg y mencionaron que no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Mills y Benton (1996) reportaron una concentración de suficiencia de N para el cultivo

de *Lilium* spp. de 20 g kg<sup>-1</sup>; Betancourt *et al.* (2005) reportaron una concentración promedio de 8.5 g kg<sup>-1</sup> en *Lilium* cv. Stargazer; dentro del ciclo de cultivo en esta investigación, no se manifestaron al momento del corte síntomas por deficiencias o toxicidad por algún elemento en estudio, el color de las hojas siempre fue verde oscuro y brillante.

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de calcio en la concentración de N, P, K, Ca y Mg en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Ca <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	Concentración de elementos (g kg <sup>-1</sup> )				
	N <sup>a</sup>	P <sup>b</sup>	K <sup>l</sup>	Ca <sup>o</sup>	Mg <sup>6</sup>
0.00	10.4 <sup>¶¶</sup>	1.8 <sup>¶¶</sup>	15.8 <sup>¶¶</sup>	2.7c <sup>£</sup>	2.3ab <sup>£</sup>
2.50	9.9	1.8	15.9	3.0bc	2.4a
8.00	11.6	1.8	15.0	4.4abc	2.3ab
10.00	11.5	1.7	15.9	5.0a	2.5a
12.5	9.8	1.7	16.9	4.7ab	2.0ab
15.00	10.7	1.9	16.2	5.6a	2.2ab
17.50	10.0	1.7	14.5	5.1a	1.9ab
20.00	11.8	2.0	15.7	5.6a	1.9ab
25.00	11.9	2.0	15.3	5.0a	1.6b
30.00	12.2	1.9	14.5	5.8a	1.9ab
DMS <sup>∞</sup>	2.5	0.3	3.7	1.8	0.7
CV <sup>€</sup> (%)	17.26	14.34	18.13	29.03	25.74

<sup>£</sup>Medias con letras diferentes entre columnas son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coeficiente de variación. <sup>a</sup>Nitrógeno. <sup>b</sup>Fósforo. <sup>l</sup>Potasio. <sup>o</sup>Calcio. <sup>6</sup>Magnesio.

Entre órganos (tallo, hoja, flor y bulbo) se detectaron diferencias altamente significativas en la concentración de los elementos en estudio (Cuadro 7). La mayor concentración de N, K, Ca y Mg se encontró en hoja y de P en tallo; la menor concentración de N, Ca y Mg se determinó en tallo; K en bulbo (6.3 g kg<sup>-1</sup>) y P en hoja y bulbo.

Ortega *et al.* (2006) mencionaron que al momento de la plantación las mayores concentraciones de N, P y K se encuentran en el bulbo y provienen de sus reservas; luego, cuando la parte aérea de la planta se desarrolla a través de un rápido crecimiento en altura, aumentando su área fotosintética y se distinguen los botones florales, los nutrimentos se traslocan hacia ellos; sin embargo, se observó una acumulación de éstos en el bulbo al final del ciclo del cultivo debido a la fertilización.

Cuadro 7. Concentración de N, P, K, Ca y Mg en tallo, hoja, flor y bulbo de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Órgano	Concentración de elementos (g kg <sup>-1</sup> de m.s)				
	N <sup>a</sup>	P <sup>b</sup>	K <sup>l</sup>	Ca <sup>io</sup>	Mg <sup>6</sup>
Tallo	5.8c <sup>£</sup>	2.5a <sup>£</sup>	9.0c <sup>£</sup>	2.3c <sup>£</sup>	0.7c <sup>£</sup>
Hoja	17.6a	1.4c	26.8a	10.1a	3.5a
Flor	13.4b	2.0b	20.1b	2.8bc	2.0b
Bulbo	7.0c	1.4c	6.3d	3.6b	2.1b
DMS <sup>∞</sup>	1.3	0.2	1.9	0.9	0.4
CV <sup>€</sup> (%)	17.26	14.34	18.13	29.03	25.74

<sup>£</sup>Medias con letras diferentes entre columnas son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coefficiente de variación. <sup>a</sup>Nitrógeno. <sup>b</sup>Fósforo. <sup>l</sup>Potasio. <sup>io</sup>Calcio. <sup>6</sup>Magnesio.

La aplicación de calcio afectó de manera significativa las relaciones entre elementos; en el Cuadro 8 se muestra la comparación de medias y se observa que con 0.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca se obtuvo la mayor relación N:Ca (4.79). El tratamiento con 12.5 meq L<sup>-1</sup> de Ca alcanzó el valor más alto en la relación K:N (1.71), en comparación con 30.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca, con 1.20. En la relación N:Mg con 25.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca se obtuvo el mayor valor, estadísticamente diferente al valor más bajo (4.82) obtenido con 2.5 meq L<sup>-1</sup> de Ca. Los tratamientos con 0.0 y 2.5 meq L<sup>-1</sup> de Ca superaron de manera estadística a los demás tratamientos, al alcanzar la relación más alta de K:Ca. Para Ca:Mg el mayor valor se

alcanzó con 30.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca, en comparación con 0.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca. En la relación Ca:P, la aplicación de 20.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca (3.50) superó de manera estadística a 0.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca (1.85). Con la aplicación de 25.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca se observó el valor más alto (10.73) en comparación con el más bajo (7.71) obtenido con 8.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca en la relación K:Mg. En K:P el valor más alto (10.65) se observó con 12.5 meq L<sup>-1</sup> de Ca y el menor (8.33) con 25.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca. El tratamiento con 25 meq L<sup>-1</sup> de Ca (2.01), superó estadísticamente a 0.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca, el valor más bajo (1.19), en la relación P:Mg.

Cuadro 8. Valores promedio obtenidos para cada una de las relaciones entre N, P, K, Ca y Mg en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Ca <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	Relaciones									
	K <sup>Li</sup> :N <sup>a</sup>	N:Ca <sup>Io</sup>	N:Mg <sup>6</sup>	N:P <sup>b</sup>	K:Ca	K:Mg	K:P	Ca:Mg	Ca:P	Mg:P
0.00	4.79a <sup>£</sup>	1.60ab <sup>£</sup>	5.01b <sup>£</sup>	6.41a <sup>£</sup>	7.12a <sup>£</sup>	1.39e <sup>£</sup>	1.85b <sup>£</sup>	7.86b <sup>£</sup>	9.72ab <sup>£</sup>	1.19b <sup>£</sup>
2.50	4.08ab	1.59ab	4.82b	6.24a	6.96a	1.42e	1.95b	7.78b	9.52ab	1.20b
8.00	2.97ab	1.31ab	5.54b	7.35a	4.14b	2.03de	2.89ab	7.71b	9.06ab	1.34b
10.00	3.08ab	1.30ab	6.41ab	7.18a	3.95b	2.17cd	3.40a	7.91b	10.00ab	1.23b
12.5	2.67b	1.71a	5.49b	6.38a	4.22b	2.32bcd	3.13ab	9.34ab	10.65a	1.43b
15.00	2.40b	1.41ab	5.59b	6.16a	3.49b	2.58abcd	3.46a	8.17ab	9.21ab	1.37b
17.50	2.37b	1.48ab	5.98ab	6.21a	3.29b	2.74abc	3.35a	8.74ab	9.26ab	1.56ab
20.00	2.48b	1.27ab	6.62ab	6.73a	3.13b	2.93ab	3.50a	8.49ab	8.93ab	1.48b
25.00	2.97ab	1.30ab	7.95a	6.54a	3.65b	3.11a	2.97ab	10.73a	8.33b	2.01a
30.00	2.51b	1.20b	6.84ab	7.43a	3.09b	3.13a	3.74a	8.73ab	8.81ab	1.48b
DMS <sup>∞</sup>	1.83	0.45	2.11	1.56	2.36	0.66	1.39	2.64	2.23	0.51
CV <sup>£</sup> (%)	45.85	24.08	26.49	17.74	41.62	21.08	34.85	23.4	18.2	26.93

<sup>£</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>£</sup>Coefficiente de variación. <sup>a</sup>Nitrógeno. <sup>b</sup>Fósforo. <sup>Li</sup>Potasio. <sup>Io</sup>Calcio. <sup>6</sup>Magnesio.

En el Cuadro 9 se muestran las comparaciones de medias de las relaciones entre elementos en los diferentes órganos. En flor se observó la mayor relación de N:Ca; las relaciones más altas de K:N se tuvieron en tallo, hoja y flor; el valor más alto de la

relación de N:Mg se encontró en tallo; en hoja se tuvo la mayor relación N:P; en la relación K:Ca el máximo valor se determinó en flor; en tallo y hoja se presentaron las relaciones más altas de Ca:Mg; para la relación de Ca:P el valor más alto se observó en hoja; mientras que en tallo se determinó la relación más alta de K:Mg; el mayor valor para la relación K:P se tuvo en hoja y en tallo para la relación P:Mg.

Cuadro 9. Valores promedio de las relaciones entre N, P, K, Ca y Mg en tallo, hoja, flor y bulbo de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Órgano	Relaciones									
	K <sup>u</sup> :N <sup>a</sup>	N:Ca <sup>io</sup>	N:Mg <sup>6</sup>	N:P <sup>h</sup>	K:Ca	K:Mg	K:P	Ca:Mg	Ca:P	Mg:P
Tallo	2.61b <sup>£</sup>	1.61a <sup>£</sup>	8.31a <sup>£</sup>	2.39d <sup>£</sup>	4.06b <sup>£</sup>	3.23a <sup>£</sup>	0.92c <sup>£</sup>	12.80a <sup>£</sup>	3.66c <sup>£</sup>	3.53a <sup>£</sup>
Hoja	1.91b	1.56a	5.28c	12.59a	2.90bc	3.09a	7.25a	8.00c	19.07a	0.42c
Flor	5.43a	1.56a	6.77b	6.70b	8.22a	1.41c	1.39c	9.94b	10.04b	1.01b
Bulbo	2.19b	0.94b	3.74d	4.98c	2.04c	1.80b	2.54b	3.45d	4.63c	0.76b
DMS <sup>∞</sup>	0.94	0.23	1.08	0.80	1.21	0.34	0.71	1.35	1.14	0.26
CV <sup>€</sup> (%)	45.85	24.08	26.49	17.74	41.62	21.08	34.85	23.4	18.2	26.93

<sup>£</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coefficiente de variación. <sup>a</sup>Nitrógeno. <sup>h</sup>Fósforo. <sup>u</sup>Potasio. <sup>io</sup>Calcio. <sup>6</sup>Magnesio.

### 3.6.5 Comparación nutrimental entre bulbo nuevo y bulbo usado.

La comparación entre bulbo nuevo (BN) y bulbo usado (BU), indica que el calcio influyó significativamente en materia seca (MS) y concentración de elementos (Cuadro 10). La MS promedio de los BU al final del ciclo de cultivo, cuando se cortaron los tallos florales (a los 103 DDE), se redujo entre 59 y 72 %, en comparación con la MS promedio del BN; todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes al BN, observándose que la aplicación de 2.5 y 25.0 meq·L<sup>-1</sup> de Ca presentaron los valores más bajos. Artacho y

Pinochet (2008) mencionaron que la reducción de materia seca del BN a los 112 DDE fue de 40 % en bulbos de tulipán.

Toit *et al.* (2004) mencionaron que la reducción de MS se debe al consumo de almidón y exportación de azúcares y nutrimentos iniciales hacia raíces y hojas, considerando la alta correlación entre la concentración de almidón y la MS de los bulbos de *Lanthenalia*.

La concentración de N en el bulbo fue afectada significativamente por los tratamientos; la más alta se obtuvo con 30.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca y las más bajas en el BN y 0.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca (5.3 mg g<sup>-1</sup>, ambos); esto indica que la aplicación de calcio incrementó la absorción de N debido al sinergismo entre N y Ca; según Marschner (1995), Wilkinson *et al.* (2000) y Fageria (2009), la cantidad de nitrógeno, ya sea que esté presente o absorbida por el bulbo, va a determinar el incremento de la concentración de Ca, Mg y P. El contenido de P con 30 meq L<sup>-1</sup> de Ca (0.19 mg g<sup>-1</sup>) fue completamente diferente al del BN (0.9 mg g<sup>-1</sup>).

La concentración de K no fue afectada por la aplicación de calcio; esto debido al antagonismo que hay entre Ca y K. El mayor porcentaje de Ca se determinó con 30.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca, estadísticamente igual a otros tratamientos, en comparación con el BN, con 0.9 mg g<sup>-1</sup>. La concentración más alta de Mg (3.0 mg g<sup>-1</sup>) se obtuvo con 10 meq L<sup>-1</sup> de Ca, mientras que la más baja la presentó el BN (0.6 mg g<sup>-1</sup>).

Cuadro 10. Concentración de nutrimentos entre bulbos nuevo (BN) y usado (BU) de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Ca <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	Elementos					
	MS <sup>o</sup>	N <sup>a</sup>	P <sup>b</sup>	K <sup>l</sup>	Ca <sup>io</sup>	Mg <sup>6</sup>
	g			mg·g <sup>-1</sup> m.s.		
BN	27.40a <sup>ε</sup>	0.53b <sup>ε</sup>	0.09b <sup>ε</sup>	0.52 <sup>¶¶</sup>	0.09c <sup>ε</sup>	0.06c <sup>ε</sup>
0.00	11.18b	0.53b	0.116b	0.70	0.24bc	0.15abc
2.50	7.67b	0.69ab	0.12ab	0.64	0.23bc	0.16abc
8.00	10.30b	0.77ab	0.14ab	0.61	0.37ab	0.25ab
10.00	10.47b	0.66ab	0.14ab	0.57	0.39ab	0.30a
12.5	10.65b	0.64ab	0.13ab	0.53	0.21bc	0.14bc
15.00	10.35b	0.67ab	0.14ab	0.58	0.43ab	0.25ab
17.50	10.67b	0.64ab	0.14ab	0.74	0.39ab	0.20abc
20.00	8.88b	0.83ab	0.16ab	0.65	0.40ab	0.19abc
25.00	7.47b	0.66ab	0.14ab	0.63	0.35ab	0.14bc
30.00	8.73b	0.92a	0.19a	0.68	0.57a	0.26ab
DMS <sup>∞</sup>	5.17	0.39	0.07	0.24	0.24	0.15
CV <sup>ε</sup> (%)	15.74	19.45	18.3	13.26	24.36	27.35

<sup>ε</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>ε</sup>Coefficiente de variación. <sup>o</sup>Materia seca. <sup>a</sup>Nitrógeno. <sup>b</sup>Fósforo. <sup>l</sup>Potasio. <sup>io</sup>Calcio. <sup>6</sup>Magnesio.

Según los resultados obtenidos de la comparación de bulbos, las concentraciones de los elementos en el bulbo usado se incrementaron con la aplicación de Ca y con la fertilización, esto indica que es necesario incrementar la disponibilidad de los nutrimentos para aumentar la calidad de las flores de corte de *Lilium* híbrido oriental Casablanca; Ortega *et al.* (2006), Betancourt *et al.* (2005) y Artacho y Pinochet (2008), coinciden en que es necesaria una fertilización adecuada para la producción de flores comerciales.

### 3.7 CONCLUSIONES

Con la aplicación de 10 meq L<sup>-1</sup> de calcio se alcanzó la mayor área foliar, tallos florales de 127.9 cm de longitud, 4.7 flores por tallo y una vida de florero de aproximadamente 22 días después del corte; además, de tener los valores más altos en materia seca de tallo, hoja, flor y bulbo, en general la mayor materia seca por planta. Las concentraciones de N, Ca, Mg, K y P por planta, se mantuvieron dentro de los valores altos; por lo que se recomienda esta concentración para un cultivo comercial de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Con la aplicación de 30.0 meq L<sup>-1</sup> de calcio se obtuvieron las concentraciones más altas de N, Ca, K y Mg; la concentración de P es estadísticamente igual al promedio más alto. Por lo que se debe de considerar este tratamiento para la producción o engorde de bulbos. La concentración de elementos presentes en el bulbo nuevo antes de ser plantado es baja; en general se observó un aumento en las concentraciones de los elementos con la fertilización.

### 3.8 LITERATURA CITADA

Alcántar G.G.; Sandoval V.M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C., Chapingo, Méx., 156 p.

Álvarez S.M.E. ; Maldonado T.R.; García M.R.; Almaguer V.G.; Rupit A.J. y Zavala E.F. 2008. Suministro de calcio en el desarrollo y nutrición de *Lilium* asiático. *Agrociencia* 42:881-889.

Artacho V.P.; Pinochet T.D. 2008. Producción de materia seca y absorción de nitrógeno del cultivo del tulipán (*Tulipa gesneriana* L.). *Agrociencia* 42:37-45.

Bañón S.; Cifuentes D.; Fernández J.; González A. 1993. Gerbera, Lilium, Tulipán y Rosa. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España, 250 p.

Beck, R. 1984. The "hows" and "whys" of hybrid lilies. *Florist' Rev.* 175(4529):22, 24, 27.

Betancourt O.M.; Rodríguez M.M.N.; Sandoval V.M.; Gaytán A. E. 2005. Fertilización foliar una herramienta en el desarrollo del cultivo de *Lilium* cv.Stargazer. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11:371-378.

Bradfield, E.G.; Guttridge C.G. 1979 The dependence of calcium transport and leaf tipburn in strawberry on relative humidity and nutrient solution concentration. *Annals of Botany* 43: 363-372.

Demarty, M.; Morvan C.; Thellier M. 1984. Calcium and the cell wall. *Plant Cell and Environment* 7: 441-448.

Dilmaghani, M. R.; Malakouti, M. J.; Neilsen, G. H.; Fallahi, E. 2004. Interactive effects of potassium and calcium on K/Ca ratio and its consequences on apple fruit quality in calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition* 27(7): 1149-1162.

Dole, M.; Wilkins H. 2005. *Floriculture: principles and species*. Second Edition Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, USA. 1022 p.

Dong, T.; Xia R.; Xiao Z.; Wang P.; Song W. 2009. Effect of pre-harvest application of calcium and boron on dietary fibre, hydrolases and structure in Cara Cara navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit. *Scientia Horticulturae*. 121: 272-277.

Fageria, N.K. 2009. *The use of nutrients in crop plants*. CRC Press. New York. 430 p.

Gao, P.; Pi-Ming Z.; Wang J.; Hai-Yun W.; Xiao-Min W.; Gui-Xian X. 2007. Identification of genes prefer: A possible role of calcium signaling in cotton fiber elongation. *Plant Science*. 173: 61-69.

Kirkby, E.A.; Pilbeam, J.D. 1984. Calcium as a plant nutrient. *Plant, Cell and Environment* 7: 397-405.

Lily Picture Book. 2010. Third Edition. Prepared and Issued by International Flower Bulb Centre.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of higher plants. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press. London, Great Britain. 889 p.

Miller, W. 1993. *Lilium Longiflorum*. In: *The Physiology of Flower Bulbs*. De Hertogh., and M. Le Nard (eds.). Elsevier Science Publishers. Amsterdam, Holanda. pp:331-422.

Mills, A.H; Benton J.Jr. 1996. *Plant Analysis Handbook II*. MicroMacro Publishing Athens, GA, USA. 422 p.

Ortega B.R.; Correa B.M.; Olate M.E. 2006. Determinación de las curvas de acumulación de nutrientes en tres cultivares de *Lilium* spp. para flor de corte. *Agrociencia* 40:339-347.

Salisbury, B.F.; Ross W.C. 1994. *Fisiología Vegetal*. Traducción al español por Virgilio González Velázquez. Iberoamerica. D.F., México. 760 p.

Statistical Analysis System. SAS. 1999. Versión 8. Institute Inc. (Ed.). Cary. NC. USA. 943 p.

Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. *In: Proceedings of 6th International Congress on Soilless Culture. International Society for Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp:633-650.*

Toit, E.; Robbertse P.; Niederwieses J. 2004. Plant carbohydrate partitioning of *Lachenalia* cv. Ronina during bulb production. *Scientia Horticulturae* 102: 433-440.

Wilkinson, S.R.; Grunes D.L.; Sumner M.E. 2000. Nutrient interactions in soil and plant nutrition. *In: Handbook of soil science, M. E. Sumner, Ed. 89-112. Boca Raton, FL. CRC Press.*

**IV. MAGNESIO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO, CALIDAD Y ESTADO  
NUTRIMENTAL EN *LILIUM* HIBRIDO ORIENTAL CASABLANCA.**

## 4.1 MAGNESIO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO, CALIDAD Y ESTADO NUTRIMENTAL EN *LILIUM* HIBRIDO ORIENTAL CASABLANCA

### 4.2 RESUMEN

La aplicación de una concentración adecuada de Mg es esencial para producir plantas de calidad, porque es un auxiliar en el metabolismo del fosfato, respiración de la planta y la activación de varios sistemas enzimáticos involucrados en el metabolismo energético; además, es necesario cuantificar la concentración de los nutrientes absorbidos por las plantas para determinar una buena fertilización; la investigación tuvo como objetivo determinar la concentración óptima de Mg en relación a la calidad, vida de florero y estado nutricional en plantas de *Lilium* híbrido oriental Casablanca. El cultivo se estableció en invernadero, con bulbos de 18/20 cm, bajo un diseño completamente al azar, con 10 tratamientos: 0.0, 2.06, 4.00, 6.17, 8.23, 10.29, 12.35, 16.46, 18.52 y 20.58 meq L<sup>-1</sup> de magnesio y 10 repeticiones. El número de hojas, altura, área foliar, diámetro (basal, medio y apical), longitud y ancho de tépalos, materia seca (tallo, hoja, flor, bulbo y total), número de flores y vida en florero, no se vieron afectados significativamente por los tratamientos. Las concentraciones de elementos y sus relaciones se vieron afectadas por los tratamientos y órganos. Los bulbos usados aumentaron su concentración nutricional durante el ciclo del cultivo. Con la aplicación de 20.58 meq L<sup>-1</sup> de magnesio se observó una mayor concentración de nutrientes en el bulbo al final del ciclo de cultivo. Los resultados indican que la demanda del cultivo de Mg es relativamente baja, pero necesaria en la producción de flores de corte o para el engorde de bulbos.

**Palabras clave:** concentración nutricional, materia seca, vida en florero, bulbo nuevo y usado.

### 4.3 ABSTRACT

The application of an appropriate concentration of Mg is essential to produce quality plants, due to the relationship with other elements it is also necessary to quantify the concentration of nutrients absorbed by plants to determine a good fertilization, the research was designed to determine the optimal concentration of Mg in relation to the quality and vase life of *Lilium* plants oriental hybrid. Casablanca. The cultivation was carried out in a greenhouse with 18/20 cm bulbs under a completely randomized design with 10 treatments: 0, 2.06, 4, 6.17, 8.23, 10.29, 12.35, 16.46, 18.52 and 20.58 meq.L<sup>-1</sup> magnesium and 10 replicates. The number of leaves, height, leaf area, diameter (basal, mid and apical), length and width of sepals, dry matter (stem, leaf, flower, bulb and total), number of flowers, vase life, were not significantly affected. The concentrations of elements and relations were affected significant by treatments and organs. The used bulbs increased concentration of nutrients at harvest. With the application of magnesium 20.58 meq.L<sup>-1</sup>, there was a higher concentration of nutrients in the bulb after harvest. The results indicate that magnesium has little importance in the production of flowers, but it is necessary an adequate supply for fattening bulbs.

**Key words:** nutrimental concentration, dry matter, vase life, bulb new and used.

#### 4.4 INTRODUCCIÓN

La concentración de un elemento esencial en los tejidos de las plantas es un criterio importante para el diagnóstico de suficiencia o deficiencia. Varios factores afectan la absorción o concentración de los nutrimentos en los tejidos; entre estos factores los más importantes son: edad de la planta, parte analizada, especie cultivada y fertilidad del suelo (Fageria, 2009). El magnesio ( $Mg^{2+}$ ) es un macronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de todas las plantas. Niveles adecuados en los suelos son importantes para producir los máximos rendimientos económicos. Como la deficiencia de calcio ( $Ca^{2+}$ ), la deficiencia de magnesio ( $Mg^{2+}$ ) en la producción de cultivos es más común en suelos ácidos erosionados (Fageria y Souza, 1991). La deficiencia de magnesio también puede darse en suelos de estructura gruesa de regiones húmedas con baja capacidad de intercambio catiónico. Debido a la variación en suelos erosionados y materiales parentales, el contenido de magnesio de los suelos varía ampliamente. Mengel *et al.* (2001) reportaron que el contenido de magnesio de muchos de los suelos está generalmente en el intervalo de  $0.5 \text{ g kg}^{-1}$  para suelos arenosos a  $5 \text{ g kg}^{-1}$  para arcillosos. La cantidad adecuada de magnesio para el crecimiento de plantas varía según el tipo de suelo, especies de plantas y hasta entre cultivares de especies (Fageria y Souza, 1991; Fageria *et al.*, 1997). Aunque, el contenido de  $Mg^{2+}$  en el intervalo de  $1 \text{ a } 2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  es suficiente para producir los máximos rendimientos económicos de especies cultivadas (Fageria, 2001; 2002). La disponibilidad y el comportamiento del  $Mg^{2+}$  en la nutrición de la plantas es similar a la del calcio; la diferencia entre estos elementos es la proporción en que la planta los demanda, los

requerimientos de Mg son mucho más bajos que los de calcio. La disponibilidad de  $Mg^{2+}$  para los cultivos es influenciada por muchos factores de suelos y plantas; como la concentración de  $Mg^{2+}$  en la solución del suelo, el grado de saturación de  $Mg^{2+}$ , la presencia de otros cationes como  $K^+$  y  $Ca^{2+}$ , pH del suelo, tipo de arcillas y especies de plantas o genotipos de especies (Fageria, 2009). Las funciones del magnesio ( $Mg^{2+}$ ) en las plantas son muchas y las más importantes están en la de activador de enzimas y como componente de las moléculas de clorofila, por lo que está activamente involucrado en la fotosíntesis. El magnesio 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 y Gheyi, 1999). El cultivo de *Lilium* spp. es una de las especies de importancia económica en la producción de flores de corte; sin embargo, Ortega *et al.* (2006) mencionan que hay pocos estudios sobre éstas y que no destacan por sus exigencias nutrimentales, por lo tanto las recomendaciones de fertilización son limitadas y contradictorias (Dole y Wilkins, 2005). Por lo que la presente investigación tuvo como objetivo determinar la concentración óptima de magnesio en relación a la calidad y vida de florero en plantas de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

#### **4.5 MATERIALES Y MÉTODOS**

Se plantaron bulbos de *Lilium* híbrido oriental Casablanca ya vernalizados, calibre 18/20; en macetas de 5 litros de volumen, como sustrato se utilizó tezontle rojo, con tamaño de partícula de 5 mm, sin esterilizar. Los bulbos se enjuagaron en agua

corriente para quitar el sustrato en el que venían protegidos y se colocó un bulbo por maceta. El experimento se realizó en un invernadero de cristal con temperaturas promedio de 31.3 °C durante el día y 12.7 °C por la noche; la humedad relativa máxima fue de 96.5 % y la mínima de 35.3 %. Se colocó malla sombra (50 % de sombreado) para reducir la luminosidad y promover el crecimiento vegetativo en los primeros 30 días del cultivo, una vez que comenzó a observarse la emergencia del botón floral se retiró. Los tratamientos (Cuadro 1) fueron concentraciones de magnesio modificando la solución nutritiva Universal de Steiner (1984).

Cuadro 1. Soluciones nutritivas usadas en el cultivo de *Lilium* híbrido oriental Casablanca

Concentración de Mg <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	meq L <sup>-1</sup>			pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )
				NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		
0.00	7.88	10.12	0.00	10.80	0.90	6.30	5.60	2.20
2.06	7.41	9.53	2.06	11.40	0.95	6.65	5.50	2.30
4.00	7.00	9.00	4.00	12.00	1.00	7.00	5.50	2.30
6.17	6.49	8.34	6.17	12.60	1.05	7.35	5.40	2.30
8.23	6.02	7.75	8.23	13.20	1.10	7.70	5.50	2.70
10.29	5.56	7.15	10.29	13.80	1.15	8.05	5.50	2.50
12.35	5.10	6.55	12.35	14.40	1.20	8.40	5.40	2.60
16.46	5.05	6.49	16.46	16.80	1.40	9.80	5.50	2.70
18.52	5.00	6.48	18.52	18.00	1.50	10.50	5.40	3.00
20.58	5.00	6.42	20.58	19.20	1.60	11.20	5.40	3.10

Los tratamientos se complementaron con la solución de micronutrientes sugerida por Steiner (1984).

**Diseño del experimento.** Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento y como unidad experimental una maceta con una planta de *Lilium* spp. cv. Casablanca. La aplicación de las soluciones nutritivas se hizo a partir de la segunda semana después de la plantación; se regó cada tercer día, aplicando 100

mL a cada maceta en el primer mes; posteriormente se aplicaron 200 mL con el mismo intervalo de tiempo hasta el momento de corte de los tallos florales.

Durante el desarrollo del cultivo se hicieron evaluaciones a los 16, 22, 38, 50, 58, 64 y 78 días después de la emergencia (DDE). Se evaluaron: altura de planta (A), una vez que comenzó el crecimiento del ápice; número de hojas (NH) de cada unidad experimental; diámetro de tallo basal (DB), medio (DM) y apical (DA). Al final del cultivo se midió con un vernier digital el diámetro de la parte basal de la planta donde emergen las raíces adventicias, en la parte media del tallo y en la parte apical donde comenzó la inflorescencia; a los 103 DDE (cuando el cultivo alcanzó su madurez comercial) se contabilizó el número de flores por tallo (NF); se midió la longitud y el ancho de tépalos (LT y AT, respectivamente), para lo cual se seleccionó un tépalo al azar en la primera flor abierta de cada unidad experimental.

**Vida en florero.** Se tomaron cuatro unidades experimentales de las diez que se tenían por tratamiento; se cortaron de las macetas cuando los botones estaban próximos a la apertura floral; se colocaron en el laboratorio, en donde se tenía una temperatura máxima de 26.8 °C y una mínima de 14.6 °C; la humedad relativa máxima y mínima registrada fue de 82.8 y 43.6 %, respectivamente; todos los tallos se cortaron con una longitud de 60 centímetros. Por último se colocó cada uno de ellos en una probeta de 100 mL con 80 mL de agua de la llave, la pérdida de agua por evaporación y transpiración se repuso diariamente hasta el final de la evaluación. Para esto se registró el día en que se cortaron y el día en que se marchitó en su totalidad la última flor, considerando este tiempo como días después de la cosecha (DDC).

**Análisis nutrimental.** Para esta determinación se seleccionaron al azar seis plantas por tratamiento y cada planta se seccionó en raíz con bulbo, tallo, hojas y flores; se determinó el área foliar total (AF) con un integrador de área foliar LI-COR modelo 3100. Posteriormente los órganos se lavaron por separado en agua de la llave y se enjuagaron con agua destilada. Se secaron en una estufa con circulación de aire forzado a 65 °C, hasta peso constante. Se registró la materia seca de tallo (MST), materia seca de hoja (MSH), materia seca de flor (MSF), materia seca de bulbo (MSB) y la materia seca total (MT) de cada unidad experimental; después se molieron por separado en un molino de acero inoxidable Wiley, provisto de un tamiz de 20 mallas. Para el análisis nutrimental se mezcló el material de dos plantas por tratamiento para tener un total de tres repeticiones; se pesaron 0.5 g de materia seca y se realizó una digestión húmeda con 4 mL de una mezcla de ácido sulfúrico y ácido perclórico en proporción 2:1, y 2 mL de peróxido de hidrógeno. La determinación de nitrógeno total (N) se hizo por el método de microkjeldhal (Alcántar y Sandoval, 1999). La concentración de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) se determinó mediante un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada (ICP-AES Liberty II Varian Australia Pty Ltd Victoria, Australia). Por último, se realizó una comparación nutrimental entre bulbos (bulbo nuevo, BN, y bulbo usado, BU); al inicio del experimento se tomaron al azar tres bulbos (BN), del lote de bulbos comprados, los cuales se lavaron, secaron y pesaron para posteriormente determinar su concentración nutrimental; se consideraron como BU a los utilizados para establecer el experimento; una vez que terminó el ciclo del cultivo, se sacaron de las macetas, separaron del tallo y se lavaron, secaron y pesaron para determinar su concentración nutrimental de la forma antes mencionada.

Con los datos se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey, con el paquete estadístico SAS V.8 (Statiscal Analysis System, 1999).

## **4.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.6.1. Efecto del Mg en el desarrollo de *Lilium* híbrido oriental Casablanca**

Las concentraciones de magnesio evaluadas no afectaron significativamente el número de hojas y altura de *Lilium* híbrido oriental Casablanca (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de hojas y altura de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Mg <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	Días después de la emergencia						
	16	22	38	50	58	64	78
	Número de hojas						
0.00	8.33 <sup>¶¶</sup>	23.90 <sup>¶¶</sup>	38.00 <sup>¶¶</sup>	48.60 <sup>¶¶</sup>	49.50 <sup>¶¶</sup>	47.40 <sup>¶¶</sup>	46.90 <sup>¶¶</sup>
2.06	8.17	28.44	39.56	52.22	52.89	50.67	50.78
4.00	8.00	22.80	36.30	46.30	47.50	46.20	47.30
6.17	10.40	27.00	39.22	49.00	49.56	47.78	45.56
8.23	9.29	24.89	39.11	48.33	50.11	49.00	48.44
10.29	9.00	25.56	38.67	49.78	49.11	48.00	45.22
12.35	8.60	23.44	38.50	49.90	51.80	50.90	48.80
16.46	9.75	24.22	37.22	47.11	48.11	46.11	46.22
18.52	9.00	27.78	39.89	50.11	50.56	49.56	47.89
20.58	9.00	24.90	40.20	52.60	52.10	50.50	49.05
DMS <sup>∞</sup>	7.31	7.79	7.99	7.79	8.43	7.87	8.26
CV <sup>€</sup> (%)	34.31	20.44	13.78	10.50	11.20	10.79	11.54
	Altura cm						
0.00	19.00 <sup>¶¶</sup>	37.45 <sup>¶¶</sup>	73.40 <sup>¶¶</sup>	103.50 <sup>¶¶</sup>	110.70 <sup>¶¶</sup>	114.60 <sup>¶¶</sup>	127.00 <sup>¶¶</sup>
2.06	21.33	40.22	76.56	105.44	110.11	115.44	126.67
4.00	18.20	33.40	67.40	98.40	107.40	110.10	121.40
6.17	20.22	37.56	76.11	106.00	111.22	117.67	130.22
8.23	18.67	37.33	70.33	100.11	108.78	108.89	123.22
10.29	18.44	39.22	72.89	106.89	114.56	116.00	125.00
12.35	17.60	31.40	66.00	97.60	102.40	106.20	121.30
16.46	19.33	37.33	71.56	99.22	107.67	111.78	118.67
18.52	17.00	38.67	76.0	104.44	106.56	111.22	124.22
20.58	19.40	36.00	70.10	98.80	105.20	109.10	120.20
DMS <sup>∞</sup>	9.72	13.17	16.83	16.48	14.43	13.66	14.11
CV <sup>€</sup> (%)	34.24	23.88	15.59	10.77	8.87	8.12	7.60

<sup>‡</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coefficiente de variación.

De acuerdo a la comparación de medias (Cuadro 3) efectuada para determinar el efecto del magnesio en el diámetro basal (DB), diámetro medio (DM), diámetro apical (DA), número de flores (NF), longitud de tépalo (LT) y ancho de tépalo (AT), todos los

tratamientos produjeron, estadísticamente, el mismo efecto entre variables. Estos resultados observados en NH, A, DB, DM, DA, NF, AT y LT, se atribuyen principalmente al calibre del bulbo (18/20) y a la exigencia del cultivar; según Beck (1984), este órgano es una excelente reserva de nutrimentos aún hasta la floración. Mientras que Miller (1993) mencionó que el bulbo es la fuente de energía para el crecimiento de brotes y raíces; además, *Lilium* spp. no destaca por sus exigencias nutrimentales (Dole y Wilkins, 2005).

Cuadro 3. Valores promedio de las variables evaluadas con magnesio en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Mg <sup>2+</sup> (meqL <sup>-1</sup> )	Variables de crecimiento					
	DB <sup>1</sup>	DM <sup>&amp;</sup> mm tallo <sup>-1</sup>	DA <sup>§</sup>	NF <sup>#</sup>	AT <sup>§</sup> cm tépalo <sup>-1</sup>	LT <sup>¥</sup>
0.00	10.49 <sup>¶¶</sup>	8.02 <sup>¶¶</sup>	6.28 <sup>¶¶</sup>	4.70 <sup>¶¶</sup>	4.80 <sup>¶¶</sup>	12.80 <sup>¶¶</sup>
2.06	11.30	7.90	5.75	4.33	5.00	13.11
4.00	10.00	7.78	5.55	4.20	4.90	13.05
6.17	10.42	7.27	5.80	4.67	5.00	12.67
8.23	10.80	7.78	5.13	4.11	4.44	12.94
10.29	10.99	7.28	5.76	4.44	4.61	12.39
12.35	10.55	7.08	5.47	4.30	3.91	11.30
16.46	10.44	7.43	5.31	4.00	4.50	12.00
18.52	10.53	8.34	5.11	4.67	3.83	11.33
20.58	10.91	7.43	5.53	5.0	4.05	11.65
DMS <sup>∞</sup>	1.56	1.44	1.59	1.46	1.57	1.95
CV <sup>€</sup> (%)	9.73	12.47	18.92	21.80	23.23	10.54

<sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>¶¶</sup>No significativo (P≤0.05). <sup>€</sup>Coefficiente de variación. <sup>1</sup>Diámetro basal. <sup>&</sup>Diámetro medio. <sup>§</sup>Diámetro apical. <sup>#</sup>Número de flores. <sup>§</sup>Ancho de Tépalos. <sup>¥</sup>Longitud de Tépalos.

Betancourt *et al.* (2005) señalan que la altura final de *Lilium* spp. es una característica importante; en México las normas de calidad para comercialización de flor cortada se basa en la longitud de tallo y en el número de botones; de acuerdo al Centro

Internacional de Flores de Bulbo (citado en Lily Picture Book, sin año), para *Lilium* híbrido oriental Casablanca, el periodo de cultivo es de 20 semanas, una altura final de 120 cm y de 5 a 7 botones florales para bulbos de un calibre de 18/20 cm. En esta investigación el periodo de cultivo fue de 15 semanas y se obtuvieron tallos de primera calidad, con alturas de 120 a 130 cm y con más de 5 flores en promedio, y tallos de segunda calidad con menos de 120 cm de longitud y 4 flores.

#### 4.6.2. Vida en florero

Los tratamientos no influyeron significativamente en vida de florero; la aplicación de 8.23 y 0 meq·L<sup>-1</sup> de magnesio producen el mismo efecto; esto indica que el magnesio que contiene el bulbo es suficiente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Vida de florero de tallos de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Mg <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	DDC <sup>b</sup>
0.00	22.50 <sup>¶¶</sup>
2.06	19.50
4.00	19.50
6.17	21.00
8.23	23.00
10.29	20.00
12.35	21.25
16.46	19.50
18.52	21.00
20.58	20.00
DMS <sup>∞</sup>	14.13
CV <sup>€</sup> (%)	7.05

<sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coefficiente de variación. <sup>b</sup>Días después del corte.

#### 4.6.3. Efecto del magnesio en la acumulación de materia seca

La materia seca de tallo, hojas, flor, bulbo y total no se vieron afectados de manera significativa con la aplicación de diferentes concentraciones de magnesio. De acuerdo con la comparación de medias realizada para cada una de las variables (Cuadro 5), los tratamientos son estadísticamente iguales; Ortega *et al.* (2006) observaron en tres cultivares de *Lilium* spp. una importante variabilidad en materia seca entre órganos, particularmente en la materia seca acumulada en tallo y hojas; esto a pesar de que el crecimiento en altura fue bastante homogéneo.

Cuadro 5. Valores promedio de las variables evaluadas con magnesio en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Mg <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	Variables de producción					
	AF <sup>μ</sup>	MST <sup>β</sup>	MSH <sup>ϕ</sup>	MSF <sup>γ</sup>	MSB <sup>δ</sup>	MT <sup>θ</sup>
	cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup>			g planta <sup>-1</sup>		
0.00	1810.40 <sup>¶¶</sup>	8.03 <sup>¶¶</sup>	7.95 <sup>¶¶</sup>	7.43 <sup>¶¶</sup>	10.41 <sup>¶¶</sup>	33.83 <sup>¶¶</sup>
2.06	1833.40	8.46	8.16	7.44	8.94	33.00
4.00	1705.20	7.62	6.97	6.57	10.18	31.33
6.17	1965.90	8.16	8.74	7.72	10.38	35.0
8.23	1736.90	7.92	7.54	7.22	9.30	31.98
10.29	1760.20	7.72	7.78	5.92	8.24	29.66
12.35	1700.20	7.17	7.27	6.18	10.41	31.03
16.46	1583.40	6.94	6.56	5.38	10.50	29.38
18.52	1737.0	7.34	7.34	5.46	6.18	26.32
20.58	1573.50	7.13	6.70	5.60	7.60	27.03
DMS <sup>∞</sup>	667.75	3.03	3.22	3.48	5.09	10.92
CV <sup>ϵ</sup> (%)	18.89	19.50	21.15	26.32	27.04	17.39

<sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>ϵ</sup>Coefficiente de variación. <sup>μ</sup>Área foliar. <sup>β</sup>Materia seca de tallo. <sup>ϕ</sup>Materia seca de hoja. <sup>γ</sup>Materia seca de flor. <sup>δ</sup>Materia seca de bulbo. <sup>θ</sup>Materia seca total (tallo + hoja + flor + bulbo).

#### 4.6.4. Contenido nutrimental

La aplicación de Mg afectó significativamente la concentración de Mg y P; han sido reportadas interacciones positivas entre P y Mg en la literatura para muchos cultivos de plantas (Wilkinson *et al.*, 2000); por otro lado Spear *et al.* (1978) estudiaron cultivos en soluciones nutrimentales y Christenson *et al.* (1973) trabajaron en suelos; ambos reportaron interacciones entre  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$  en la absorción por plantas enteras. Estos estudios mostraron que  $K^+$  y  $Ca^{2+}$  reducen el contenido de  $Mg^{2+}$  en el tejido vegetal, pero el efecto depende de la concentración de los iones y las propiedades del suelo. Las concentraciones de N, Ca y K no se vieron afectadas (Cuadro 6).

Las concentraciones obtenidas en esta investigación están dentro de los parámetros de suficiencia reportados por Mills y Benton (1996), Betancourt *et al.* (2005) y Salisbury y Ross (1994).

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de magnesio en la concentración de N, P, K, Ca y Mg en el cultivo de hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Mg <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	Concentración de nutrimentos (g kg <sup>-1</sup> )				
	N <sup>a</sup>	P <sup>b</sup>	K <sup>l</sup>	Ca <sup>o</sup>	Mg <sup>6</sup>
0.00	9.50 <sup>ff</sup>	1.6b <sup>£</sup>	14.1 <sup>ff</sup>	4.5 <sup>ff</sup>	1.8d <sup>£</sup>
2.06	10.4	1.6b	14.3	4.6	2.0d
4.00	10.6	1.8b	13.5	4.5	2.1cd
6.17	12.0	1.7b	13.3	4.3	2.3cd
8.23	12.0	1.8b	14.4	4.1	2.1cd
10.29	10.7	1.8b	13.5	3.8	2.5bcd
12.35	9.6	1.8b	13.3	3.7	2.8abcd
16.46	10.8	1.8b	12.9	3.5	3.1abc
18.52	12.3	2.3a	14.0	3.7	3.6ab
20.58	12.5	2.3a	14.8	3.6	3.7a
DMS <sup>∞</sup>	3.50	0.30	2.70	1.20	1.10
CV <sup>€</sup> (%)	24.38	13.38	14.67	22.58	31.62

<sup>£</sup>Medias con letras diferentes entre columnas son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>ff</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coeficiente de variación. <sup>a</sup>Nitrógeno. <sup>b</sup>Fósforo. <sup>l</sup>Potasio. <sup>o</sup>Calcio. <sup>6</sup>Magnesio.

Entre órganos (tallo, hoja, flor y bulbo) se detectaron diferencias altamente significativas en la concentración de los elementos en estudio (Cuadro 7). La mayor concentración de N, Ca, Mg y K se encontró en hoja y de P en tallo; la menor concentración de N y Mg se determinó en tallo; Ca en tallo, flor y bulbo, K y P en bulbo. Ortega *et al.* (2006) mencionaron que al momento de la plantación las mayores concentraciones de N, P y K se encuentran en el bulbo y provienen de sus reservas; luego, cuando la parte aérea de la planta se desarrolla a través de un rápido crecimiento en altura, aumentando su área fotosintética y se distinguen los botones florales, los nutrimentos se traslocan hacia ellos.

Cuadro 7. Concentración de N, P, K, Ca y Mg en tallo, hoja, flor y bulbo de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Órgano	Concentración de elementos (g kg <sup>-1</sup> de m.s)				
	N <sup>a</sup>	P <sup>b</sup>	K <sup>l</sup>	Ca <sup>io</sup>	Mg <sup>o</sup>
Tallo	4.8d <sup>é</sup>	2.4a <sup>é</sup>	7.6c <sup>é</sup>	2.3b <sup>é</sup>	0.9c <sup>é</sup>
Hoja	16.8a	1.5c	22.0a	8.9a	5.3a
Flor	14.6b	2.1b	19.8b	2.2b	2.3b
Bulbo	7.2c	1.4c	5.8d	2.7b	1.9b
DMS <sup>∞</sup>	1.8	0.2	1.4	0.6	0.6
CV <sup>é</sup> (%)	24.4	13.4	14.7	22.6	31.6

<sup>é</sup>Medias con letras diferentes entre columnas son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>l</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>é</sup>Coeficiente de variación. <sup>a</sup>Nitrógeno. <sup>b</sup>Fósforo. <sup>l</sup>Potasio. <sup>io</sup>Calcio. <sup>o</sup>Magnesio.

La relaciones entre elementos resultaron significativas; a excepción de la relación N:Mg. En el Cuadro 8 se puede observar que la mayor relación de K:N se obtuvo con 8.23 meq L<sup>-1</sup> de magnesio, la menor con 18.52 meq L<sup>-1</sup>; con la aplicación de 18.52 meq·L<sup>-1</sup> de magnesio se tuvo la mayor relación de N:Ca. La aplicación de 6.17 meq L<sup>-1</sup> de magnesio indujo a la mayor relación de N:P, en comparación con 12.35 meq L<sup>-1</sup> de magnesio. El mayor valor de K:Ca se observó con 18.52 meq L<sup>-1</sup> de magnesio, los más bajos con 2.06 y 4.0 meq L<sup>-1</sup> de magnesio. Con la aplicación de 0 y 2.06 meq L<sup>-1</sup> de magnesio se logró la mayor relación de K:Mg, mientras que con 16.46 y 18.52 meq L<sup>-1</sup> de magnesio se observaron las menores. En la relación K:P, la aplicación de 0.0 meq L<sup>-1</sup> de magnesio presentó el valor más alto, en comparación con la aplicación de 18.52 y 20.58 meq·L<sup>-1</sup> de magnesio. Para la relación de Ca:Mg los tratamientos con los valores más altos fueron con 0, 2.06 y 4 meq L<sup>-1</sup> de magnesio. Fageria (1983) reportó que la absorción de Mg por plantas de arroz decreció con concentraciones altas de Ca y Mg en soluciones nutritivas. Para la relación de Ca:P la aplicación de 0 y 2.06 meq L<sup>-1</sup> de magnesio presentaron los valores más altos; el valor más alto en la relación P:Mg

se observó con la aplicación de 8.23 meq L<sup>-1</sup> de magnesio y el más bajo con 16.46 meq L<sup>-1</sup> de magnesio.

Cuadro 8. Relaciones entre N, P, K, Ca, y Mg en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Mg <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	Relaciones									
	K <sup>Ⓐ</sup> :N <sup>Ⓐ</sup>	N:Ca <sup>Ⓐ</sup>	N:Mg <sup>Ⓐ</sup>	N:P <sup>Ⓐ</sup>	K:Ca	K:Mg	K:P	Ca:Mg	Ca:P	Mg:P
0.00	1.50ab <sup>Ⓔ</sup>	2.75b <sup>Ⓔ</sup>	5.54 <sup>ⒶⒶ</sup>	6.28ab <sup>Ⓔ</sup>	3.81ab <sup>Ⓔ</sup>	8.37a <sup>Ⓔ</sup>	9.32a <sup>Ⓔ</sup>	2.50a <sup>Ⓔ</sup>	3.13a <sup>Ⓔ</sup>	1.25ab <sup>Ⓔ</sup>
2.06	1.40ab	2.73b	5.68	6.52ab	3.73b	8.37a	8.82ab	2.46a	3.10a	1.29ab
4.00	1.29ab	2.81b	5.43	6.25ab	3.59b	7.23ab	7.81abc	2.25a	2.75abc	1.34ab
6.17	1.19ab	3.73ab	5.70	7.76a	3.91ab	5.99bc	8.71ab	1.91abc	2.98ab	1.16ab
8.23	1.58a	3.00b	5.17	6.35ab	4.37ab	7.58ab	8.73ab	2.12ab	2.61abcd	1.41a
10.29	1.24ab	3.54ab	4.83	6.43ab	4.56ab	6.07bc	7.89abc	1.56bcd	2.41abcd	1.14ab
12.35	1.50ab	3.35ab	3.74	5.82b	4.92ab	5.62bc	7.79abc	1.42cd	2.30abcd	1.07ab
16.46	1.16ab	3.99ab	4.18	6.44ab	4.72ab	4.94c	7.39bc	1.21d	2.14bcd	0.99b
18.52	1.13b	4.78a	4.05	6.0ab	5.94a	4.71c	6.62c	1.17d	1.98cd	1.08ab
20.58	1.22ab	4.30ab	4.51	6.14ab	5.54ab	5.78bc	6.93c	1.20d	1.86d	1.22ab
DMS <sup>Ⓜ</sup>	0.44	1.60	2.02	1.79	2.16	1.97	1.70	0.59	0.85	0.35
CV <sup>Ⓔ</sup> (%)	25.20	34.70	31.38	21.15	36.24	23.09	16.10	25.26	25.49	22.36

<sup>Ⓐ</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>ⒶⒶ</sup>No significativo. <sup>Ⓜ</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>Ⓔ</sup>Coefficiente de variación. <sup>Ⓐ</sup>Nitrógeno. <sup>Ⓐ</sup>Fósforo. <sup>Ⓐ</sup>Potasio. <sup>Ⓐ</sup>Calcio. <sup>Ⓐ</sup>Magnesio.

Los resultados del análisis estadístico realizado para determinar la concentración de los elementos en tallo, hoja, flor y bulbo, debido a las relaciones entre N, Ca, Mg, K y P, indican que hubo diferencias altamente significativas. En el Cuadro 9 se muestran la comparación de medias de las concentraciones estimadas en los diferentes órganos. La mayor relación de K:N se observó en tallo, la menor en bulbo. En N:Ca la flor presentó la mayor relación, en comparación con la de hoja y tallo. Para N:Mg en flor se tuvo la mayor relación y la menor en hoja y bulbo. En la relación N:P el mayor valor se observó en hoja y el menor valor en tallo. En la relación K:Ca la flor superó a bulbo. La mayor

relación de K:Mg se tuvo en tallo, en comparación con el bulbo; Onho y Grunes (1985) reportaron que K reduce la concentración de Mg en tallo, al reducirse la translocación de Mg de la raíz al tallo en plantas de trigo. De manera similar Ologunde y Sorensen (1982), usando un sistema de cultivo en arena, crecieron sorgo con varios niveles de K y Mg, encontraron que el K reduce la concentración de Mg sustancialmente en tallos, pero el efecto del Mg sobre el K fue ligeramente antagónico. Para la relación K:P en hoja se registró el valor más alto; en tallo se observó el mayor valor de la relación de Ca:Mg. Con respecto a la relación de Ca:P, el mayor valor se observó en hoja. En la relación de P:Mg el tallo presentó el valor alto. Ortega *et al.* (2006) reporta que hubo diferencias significativas para los nutrimentos absorbidos en los órganos a cosecha, destacando las mayores extracciones de K en la parte aérea. Kawagishi y Miura (1996), reportan que el K no presentó variaciones significativas en bulbo y en la parte aérea durante el desarrollo del cultivo.

Cuadro 9. Relaciones entre N, P, K, Ca y Mg en tallo, hoja, flor y bulbo de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Órgano	Relaciones									
	K <sup>Li</sup> :N <sup>a</sup>	N:Ca <sup>Io</sup>	N:Mg <sup>6</sup>	N:P <sup>tb</sup>	K:Ca	K:Mg	K:P	Ca:Mg	Ca:P	Mg:P
Tallo	1.70a <sup>f</sup>	2.17bc <sup>f</sup>	5.64a <sup>z</sup>	2.02d <sup>z</sup>	3.45ab <sup>z</sup>	9.12a <sup>f</sup>	3.25d <sup>f</sup>	2.73a <sup>z</sup>	0.98c <sup>z</sup>	2.80a <sup>f</sup>
Hoja	1.32b	1.95c	3.51b	11.27a	2.52bc	4.77b	14.87a	1.94b	6.03a	0.31c
Flor	1.41b	7.03a	6.47a	7.06b	9.73a	8.77a	9.55b	0.99d	1.07c	0.92b
bulbo	0.84c	2.83b	3.91b	5.24c	2.33c	3.21c	4.33c	1.46c	2.02b	0.74c
DMS <sup>∞</sup>	0.22	0.82	1.03	0.91	1.10	1.01	0.87	0.30	0.43	0.18
CV <sup>€</sup> (%)	25.20	34.70	31.38	21.15	36.24	23.09	16.10	25.26	25.49	22.36

<sup>z</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coefficiente de variación. <sup>a</sup>Nitrógeno. <sup>tb</sup>Fósforo. <sup>Li</sup>Potasio. <sup>Io</sup>Calcio. <sup>6</sup>Magnesio.

#### 4.6.5. Comparación nutrimental entre bulbo usado y bulbo nuevo

La materia seca del bulbo no fue afectada por la aplicación de magnesio entre tratamientos; sin embargo, si son estadísticamente diferentes al valor de materia seca del bulbo nuevo; la concentración de elementos entre bulbos si presentó diferencias estadísticas significativas (Cuadro 10). La materia seca promedio de los bulbos usados (BU) a los 103 DDE se redujo entre 60 y 75 %, en comparación con la materia seca del bulbo nuevo (BN). Ortega *et al.* (2006) determinaron en tres cultivares de *Lilium* spp. que la movilización de nutrimentos desde el bulbo hacia la parte aérea se da en los primeros días de crecimiento, debido a que esta es la estructura de reserva y que el bulbo a medida que envejece presenta una disminución en el contenido de nutrimentos. La cantidad de nutrimentos traslocados hacia la parte aérea va acompañada de una disminución en materia seca de los bulbos. Artacho y Pinochet (2008) mencionaron que la reducción de materia seca de bulbos nuevos a los 112 DDE fue de 40 % en bulbos de tulipán. Toit *et al.* (2004) mencionaron que la reducción de materia seca se debe al consumo de almidón y exportación de azúcares y nutrimentos iniciales hacia raíces y hojas, considerando la alta correlación entre la concentración de almidón y la materia seca de los bulbos de *Lanthenalia*. Las concentraciones de N y Ca en el bulbo no fueron afectadas por el magnesio, según la comparación de medias. El tratamiento con 18.52 meq·L<sup>-1</sup> de magnesio mostró la mayor concentración de Mg en el BU, en comparación con la del tratamiento sin magnesio en BN. La concentración más alta de K se observó con la aplicación de 8.23 meq L<sup>-1</sup> de magnesio y las menores con 2.06 y 10.29 meq L<sup>-1</sup> de magnesio. La aplicación de 18.52 meq L<sup>-1</sup> de magnesio mostró la mayor concentración de P. Según Ortega *et al.* (2006), cerca del punto de cosecha,

para los cultivares Navona y Fangio, la acumulación de nutrientes en el bulbo es mínima, pero a los 100 DDE esta situación se revierte, produciéndose una rápida acumulación en el bulbo en formación; mientras que en el cultivar Miami, al momento de cosecha, el bulbo ya se encuentra en la etapa de acumulación de nutrientes. La aplicación de magnesio u otros elementos van a determinar las concentraciones presentes o absorbidas por el bulbo (Fageria, 2009; Wilkinson *et al.*, 2000; Marschner, 1995).

Cuadro 10. Concentración de elementos en bulbos de *Lilium* híbrido oriental Casablanca.

Concentración de Mg <sup>2+</sup> (meq L <sup>-1</sup> )	Nutrientos					
	MS <sup>o</sup>	N <sup>a</sup>	P <sup>h</sup>	K <sup>l</sup>	Ca <sup>io</sup>	Mg <sup>6</sup>
	g			g kg <sup>-1</sup>		
BN	27.40a <sup>£</sup>	5.30 <sup>¶¶</sup>	0.90 <sup>¶¶</sup>	0.60d <sup>£</sup>	5.20bc <sup>£</sup>	0.90c <sup>£</sup>
0.00	10.42b	6.30	2.10	1.50c	5.80abc	1.20c
2.06	9.68b	5.80	3.10	2.20abc	4.30c	1.10c
4.00	10.18b	5.80	2.80	1.70bc	5.40bc	1.30bc
6.17	10.57b	7.20	2.60	1.30cd	5.70abc	1.20c
8.23	9.50b	8.30	3.00	2.00abc	8.00a	1.50abc
10.29	8.35b	6.30	2.70	1.70bc	4.60c	1.10c
12.35	10.42b	5.70	2.70	1.70bc	5.20bc	1.30bc
16.46	10.45b	6.80	2.00	1.70bc	5.30bc	1.10c
18.52	6.72b	10.10	3.00	2.80a	6.80abc	2.00a
20.58	7.60b	9.90	3.10	2.50ab	7.20ab	1.90ab
DMS <sup>∞</sup>	5.26	4.90	2.50	0.90	2.50	0.60
CV <sup>€</sup> (%)	16.34	23.70	33.88	17.35	14.97	15.95

<sup>£</sup>Medias con letra distinta entre columnas para cada variable, son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). <sup>¶¶</sup>No significativo. <sup>∞</sup>Diferencia mínima significativa. <sup>€</sup>Coefficiente de variación. <sup>o</sup>Materia seca. <sup>a</sup>Nitrógeno. <sup>h</sup>Fósforo. <sup>l</sup>Potasio. <sup>io</sup>Calcio. <sup>6</sup>Magnesio.

#### 4.7 CONCLUSIONES

El desarrollo del cultivo no se vió afectado con la aplicación de Mg, por lo que es suficiente el Mg que contiene el bulbo de este calibre (18/20 cm).

La aplicación de 0 u 8.23 meq L<sup>-1</sup> de magnesio en vida de florero producen el mismo efecto, la diferencia es de medio día. Con 20.58 meq L<sup>-1</sup> de magnesio se obtuvieron las concentraciones más altas de N, Ca, Mg, K y P en el bulbo; por lo que se debe de considerar este tratamiento para la producción de bulbos.

Se concluye que la demanda de Mg del cultivo es relativamente baja, pero necesaria en la producción de flores de corte o para el engorde de bulbos; esto por las concentraciones de elementos observadas en la materia seca.

#### 4.8 LITERATURA CITADA

Alcántar G.G.; Sandoval V.M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. Chapingo, Méx. 156 p.

Artacho V.P.; Pinochet T.D. 2008. Producción de materia seca y absorción de nitrógeno del cultivo del tulipán (*Tulipa gesneriana* L.). *Agrociencia* 42:37-45.

Beck, R.1984. The "hows" and "whys" of hybrid lilies. *Florist' Rev.* 175(4529):22, 24, 27.

Betancourt, O. M.; Rodríguez, M. M. N.; Sandoval, V. M.; Gaytán, A. E. 2005. Fertilización foliar una herramienta en el desarrollo del cultivo de *Lilium* cv.Stargazer. *Revista Chapingo. Serie Horticultura.* 11:371-378.

Christenson, D.R.; White R.P.; Doll E.C. 1973. Yields and magnesium uptake by plants as affected by soil pH and Ca level. *Agronomy. Journal.* 65:205-206.

Dole, M.; Wilkins H. 2005. Floriculture: principles and species. Second Edition Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, USA. 1022 p.

Fageria, N.K. 1983. Ionic interactions in rice plants from dilute solutions. *Plant and Soil* 70:309-316.

Fageria, N.K.; Souza C.M.R. 1991. Upland rice, common bean and cowpea response to magnesium application on a Oxisol. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 22:1805-1816.

Fageria, N.K.; Baligar V.C.; Jones C.A. 1997. Growth and mineral nutrition of field crops. 2<sup>nd</sup> edition. New York: Marcel Dekker.

Fageria, N.K.; Gheyi H.R. 1999. Efficient crop production. Campina Grande, Brazil: Federal University of Paraiba.

Fageria, N.K. 2001. Response of upland rice, dry bean, corn and soybean to base saturation in cerrado soil. *Rev. Bras. Eng. Agri. Ambient.* 5:416-424.

Fageria, N.K. 2002. Nutrient management for sustainable dry vean production in the tropics. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33:1537-1575.

Fageria, N.K. 2009. The use of nutrients in crop plants. CRC Press. New York. 430 p.

Kawagishi, K.; Miura T. 1996. Changes in nutrient content of spring-planted edible lili (*Lilium leichtlinii* Hook f. var. *maximowiczii* Baker). *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 65(2): 339-347.

Lily Picture Book. Sin año. Third Edition. Prearade and Issued by International Flower Bulb Centre. Citado en: <http://video.bulbsonline.org/emag/Lily/Lilybinder.html>

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of higher plants. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press. London, Great Britain. 889 p.

Mengel, K.; Kirby E.A.; Kosegarten H.; Appel T. 2001. Principles of plant nutrition. 5<sup>th</sup> Edition. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Miller, W. 1993. *Lilium Longiflorum*. In: The Physiology of Flower Bulbs. de Hertogh., and M. Le Nard (eds). Elsevier Science Publishers. Amsterdam, Holanda. pp:331-422.

Mills, A.H.; Benton J.Jr. 1996. Plant Analysis Handbook II. MicroMacro Publishing Athens, GA, USA. 422 p.

Ohno, T.; Grunes D.L. 1985. Potassium-magnesium interactions affecting nutrient uptake by wheat forage. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:685-690.

Ologunde, O.O.; Sorensen R.C. 1982. Influence of K and Mg in nutrient solutions on sorghum. Agronomy. Journal. 74:41-46.

Ortega B.R.; Correa B.M.; Olate M.E. 2006. Determinación de las curvas de acumulación de nutrientes en tres cultivares de *Lilium* spp. para flor de corte. Agrociencia 40:339-347.

Salisbury, B.F.; Ross, W.C. 1994. Fisiología Vegetal. Traducción al español por Virgilio González Velázquez. Iberoamerica. D.F., México. 760 p.

Statistical Analysis System. SAS. 1999. Versión 8. Institute Inc. (Ed.). Cary. NC. USA.  
943 p.

Spear, S.N.; Edwards D.G.; Asher C.J. 1978. Response of cassava, sunflower and maize to potassium concentration in solution. III. Interactions between potassium, calcium and magnesium. *Field. Crops Res.* 1:375-389.

Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. *In: Proceedings of 6th International Congress on Soilless Culture. International Society for Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands.* pp:633-650.

Toit, E.; Robbertse P.; Niederwieses J. 2004. Plant carbohydrate partitioning of *Lachenalia* cv. Ronina during bulb production. *Scientia Horticulturae* 102: 433-440.

Wilkinson, S.R.; Grunes D. L.; Sumner M.E. 2000. Nutrient interactions in soil and plant nutrition. *In: Handbook of Soil Science, M. E. Sumner, Ed., 89-112. Boca Raton, FL. CRC Press.*

## **V. DISCUSIÓN GENERAL**

## 5.1 DISCUSIÓN GENERAL

Las pocas diferencias observadas entre tratamientos, debido a la aplicación de N, Ca y Mg en las variables evaluadas; NH, A, DB, DM, DA, NF, AF, AT y LT, se deben principalmente al calibre del bulbo (18/20) y a la exigencia del cultivar. Según Beck (1984), este órgano es una excelente reserva de nutrimentos y fotosintatos, aún hasta la floración. Miller (1993) menciona que el bulbo es la fuente de energía para el crecimiento de brotes y raíces. Ortega *et al.* (2006), en un estudio de tres cultivares de *Lilium* spp. observaron que parte del crecimiento de la parte aérea se hizo a expensas de las reservas del bulbo.

Betancourt *et al.* (2005) señalan que la altura final de las plantas de *Lilium* es una característica importante; en México la calidad para comercialización de flor cortada se basa en la longitud de tallo y en el número de botones. De acuerdo con el Centro Internacional de Flores de Bulbo (Lily Picture Book, s/a), para *Lilium* cv. Casablanca el periodo de cultivo es de 20 semanas, con una altura final de 120 cm y de 5-7 botones florales para bulbos de un calibre de 18/20 cm. En esta investigación el periodo de cultivo fue de 15 semanas aproximadamente y se obtuvieron tallos de primera calidad, con alturas entre 112 y 134 cm y de 4 a 5 flores.

En este trabajo se observó que el suministro de nitrógeno, calcio y magnesio altera las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg se observaron tendencias crecientes y decrecientes en el contenido de estos elementos y la distribución de los elementos

absorbidos entre elementos. Wilkinson *et al.* (2000) indican que la aplicación de N incrementa la absorción de P, K, S, Ca y Mg; de tal manera que estos elementos están presentes en cantidades suficientes durante el crecimiento medio. Fageria (2009) menciona que al incrementar o disminuir la cantidad de un elemento se favorece o desfavorece la absorción de otros, por ejemplo, al aplicar N se aumenta la absorción de P, K, Ca y Mg de una manera lineal en plantas de frijol. Con respecto a la distribución de los elementos en la planta, se observó que en hoja se tuvo la mayor concentración de N, Ca, Mg y K; está bien definido que en este órgano se da una acumulación de nutrimentos esenciales para los diferentes procesos fisiológicos que permitan un buen desarrollo de la planta; como el papel del nitrógeno en la formación de proteínas, Mg en la formación de clorofila, Ca en la composición de la pared celular y la apertura de los estomas en las hojas es debido al contenido de K.

Ortega *et al.* (2006) mencionaron que al momento de la plantación las mayores concentraciones de N, P y K se encuentran en el bulbo, cuando la parte aérea de la planta se desarrolla a través de un rápido crecimiento en altura, aumentando su área fotosintética y se distinguen los botones florales, los nutrimentos se traslocan hacia ellos; además, la cantidad de nutrimentos traslocados hacia la parte aérea va acompañada de una disminución en la materia seca de los bulbos. Artacho y Pinochet (2008) mencionaron que la reducción de materia seca de los bulbos nuevos a los 112 DDE fue del 40 %, esto lo observaron en los bulbos usados de tulipán. Toit *et al.* (2004) mencionaron que la reducción de materia seca se debe al consumo de almidón y exportación de azúcares y nutrimentos iniciales hacia raíces y hojas, considerando la alta correlación entre la concentración de almidón y la materia seca de los bulbos de *Lanchenalia*. Según Ortega *et al.* (2006), cerca del punto de cosecha, para *Lilium* spp.

cvs. Navona y Fangio, la acumulación de nutrimentos en el bulbo es mínima, pero a los 100 DDE esta situación se revierte, produciéndose una rápida acumulación en el bulbo en formación; mientras que en *Lilium* spp. cv.Miami, al momento de cosecha, el bulbo ya se encuentra en la etapa de acumulación de nutrimentos. En este trabajo se encontró una reducción de materia seca en los bulbos hijos de más de 50% en todos los tratamientos y se pudo observar en la comparación que hubo una acumulación de nutrimentos en todos los tratamientos. Ortega *et al.* (2006), Betancour *et al.* (2005) y Artacho y Pinochet (2008) coinciden en que es necesaria una fertilización adecuada para la producción de flores comerciales de *Lilium* spp.

## 5.2 LITERATURA CITADA

Artacho V.P.; Pinochet T.D. 2008. Producción de materia seca y absorción de nitrógeno del cultivo del tulipán (*Tulipa gesneriana* L.). *Agrociencia* 42:37-45.

Beck, R.1984. The "hows" and "whys" of hybrid lilies. *Florist' Rev.* 175(4529):22, 24, 27.

Betancourt, O. M.; Rodríguez, M. M. N.; Sandoval, V. M.; Gaytán, A. E. 2005. Fertilización foliar una herramienta en el desarrollo del cultivo de *Lilium* cv.Stargazer. *Revista Chapingo. Serie Horticultura.* 11:371-378.

Fageria, N.K. 2009. *The use of nutrients in crop plants.* CRC Press. New York. 430 p.

Lily Picture Book. Sin año. Third Edition. Prepared and Issued by International Flower Bulb Centre. Citado en: <http://video.bulbsonline.org/emag/Lily/Lilybinder.html>

Miller, W. 1993. *Lilium Longiflorum*. In: The Physiology of Flower Bulbs. de Hertogh., and M. Le Nard (eds). Elsevier Science Publishers. Amsterdam, Holanda. pp:331-422.

Ortega B.R.; Correa B.M.; Olate M.E. 2006. Determinación de las curvas de acumulación de nutrientes en tres cultivares de *Lilium* spp. para flor de corte. *Agrociencia* 40:339-347.

Toit, E.; Robbertse P.; Niederwieses J. 2004. Plant carbohydrate partitioning of *Lachenalia* cv. Ronina during bulb production. *Scientia Horticulturae* 102: 433-440.

Wilkinson, S.R.; Grunes D. L.; Sumner M.E. 2000. Nutrient interactions in soil and plant nutrition. In: Handbook of Soil Science, M. E. Sumner, Ed., 89-112. Boca Raton, FL. CRC Press.

## **VI. CONCLUSIONES GENERALES**

## 6.1 CONCLUSIONES GENERALES

Bajo las condiciones de cultivo manejadas en este trabajo, el ciclo del cultivo fue de 103 días. De acuerdo a los resultados se puede concluir que:

El cultivo de *Lilium* híbrido oriental Casablanca necesita de concentraciones relativamente bajas de N, Ca y Mg cuando el bulbo es de buena calidad (calibre grande del bulbo); lo que permite un buen desarrollo del cultivo y obtener plantas de buena calidad y mayor vida en florero; para este trabajo la aplicación 7.14 meq L<sup>-1</sup> de N y 10.0 meq L<sup>-1</sup> de Ca fueron suficientes para obtener tallos florales de más de 130 cm de longitud, 4.6 flores por tallo, con vida en florero de 22 días después del corte.

Se mejoró el estado nutrimental de la planta y del bulbo usado; pues con la aplicación de 35.71 meq L<sup>-1</sup> de nitrógeno se mejoró el estado nutrimental de la planta, pero no se mejoró la calidad con respecto a 7.14 meq L<sup>-1</sup> de N; con 10 meq L<sup>-1</sup> de calcio se obtuvo mayor materia seca de tallo, hoja, flor y bulbo, en general mayor cantidad de materia seca por planta. También se observó que la concentración de N, Ca, Mg, K y P por planta, se mantienen dentro de los valores altos, por lo que se recomienda esta concentración para un cultivo comercial de *Lilium* cv. Casablanca.

Con la aplicación de 30.0 meq L<sup>-1</sup> de calcio, se obtuvieron las concentraciones más altas de N, Ca, K y Mg en el bulbo; por lo cual es recomendable usar esta dosis para el engorde de bulbos.

Con la aplicación de  $20.58 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$  de magnesio se obtuvieron las mayores concentraciones de N, P, K, Ca y Mg; por lo que se debe de considerar este tratamiento para la producción de bulbos.

La concentración de elementos presentes en bulbos nuevos antes de ser plantados es relativamente baja y suficientes para el desarrollo del cultivo; sin embargo, la aplicación de cantidades relativamente pequeñas de éstos, será suficiente para mejorar el desarrollo, calidad y estado nutrimental de la planta y bulbo, como se pudo observar con Mg.