



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN  
EN CIENCIAS AGRICOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**ESPECIALIDAD DE EDAFOLOGIA**

**RELACIONES DE AMONIO-CATIONES, DE FÓSFORO-  
ANIONES Y PRESIÓN OSMÓTICA DE LA SOLUCIÓN  
NUTRITIVA EN *LILIUM* HÍBRIDO ASIÁTICO**

**MA. DE JESÚS JUÁREZ HERNÁNDEZ.**

**T E S I S**

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

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

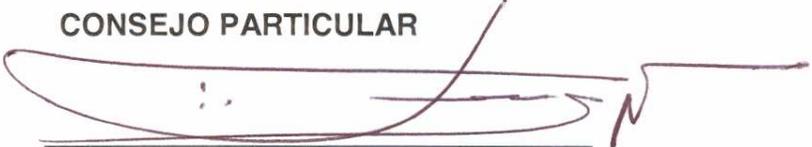
**2010**

La presente tesis titulada “**Relaciones de amonio-cationes, de fósforo-aniones y presión osmótica de la solución nutritiva en *Lilium* híbrido Asiático**” realizada por la alumna **Ma. de Jesus Juárez Hernández** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS  
EDAFOLOGIA**

**CONSEJO PARTICULAR**

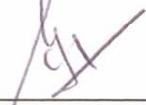
**CONSEJERO:**



---

**Dr. Lorenzo A. Aceves Navarro**

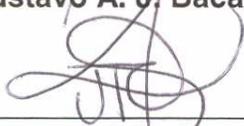
**DIRECTOR DE TESIS:**



---

**Dr. Gustavo A. J. Baca Castillo**

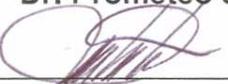
**ASESOR:**



---

**Dr. Prometeo Sánchez García**

**ASESOR:**



---

**Dr. Juan Luis Tirado Torres**

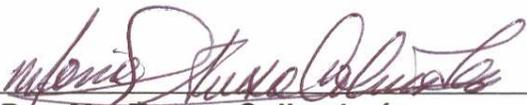
**ASESOR:**



---

**Dr. Jaime Sahagun Castellanos**

**ASESOR:**



---

**Dra. Ma. Teresa Colina León**

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre 2010.

## **Agradecimientos**

Al Colegio de Postgraduados por brindarme la oportunidad de estudiar en esta gran institución.

Al gobierno de México a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por apoyarme en los estudios que he realizado.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por el apoyo brindado para continuar preparándome.

A mi consejo particular: Dr. Lorenzo Aceves Navarro, Dr. Gustavo A. Baca Castillo, Dr. Prometeo Sánchez García, Dr. Juan Luis Tirado Torres, Dr. Jaime Sahagún Castellanos y Dra. Ma. Teresa Colinas León, por sus enseñanzas, apoyos y contribuciones en la elaboración de este trabajo de investigación, así como por la gran amistad que me han brindado.

Al personal de campo, laboratorio y secretarial del Área de Nutrición Vegetal de la especialidad de Edafología: Sr. Guadalupe, Ing. Cesar Merino, Laurita y Lupita.

A mis compañeros de trabajo de la Academia de Floricultura del Departamento de Fitotecnia de la UACH por su solidaridad en mis inquietudes de superación.

A mi esposo Ing. Fructuoso y mi “pequeña” Lily quienes me han brindado su apoyo y comprensión.

## DEDICATORIA

EL PRESENTE DOCUMENTO ES DEDICADO A MI  
"PEQUEÑA" CON MUCHO CARIÑO Y AMOR, QUIEN FORMA  
PARTE DE MIS ASPIRACIONES Y SUEÑOS

LILY

QUE LA LUZ ESPIRITUAL ILUMINE SIEMPRE TU CAMINO

ALA MEMORIA DE MIS PADRES:

EUFEMIA HERNANDEZ MARTINEZ (+)

BENITO JUAREZ FLORES (+)

QUIENES ME DIERON LA OPORTUNIDAD DE ESTAR EN  
ESTE HERMOSO PLANETA Y ME HEREDARON EL  
ESPIRITU DE LUCHA INQUEBRANTABLE.

## CONTENIDO

|   |            |
|---|------------|
| <b>ÍNDICE GENERAL DE FIGURAS</b>  | <b>iii</b> |
| <b>ÍNDICE GENERAL DE CUADROS</b>  | <b>v</b>   |
| <b>ÍNDICE DE CUADROS EN EL APÉNDICE</b>   | <b>vii</b> |
| <b>SUMMARY</b>  | <b>xiv</b> |
| <b>PROPUESTA PARA LA FORMULACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN ESTUDIOS DE NUTRICIÓN VEGETAL</b>  | <b>1</b>   |
| <i>Artículo publicado en la revista interciencia. Revista de ciencia y tecnología de América, Vol 31, No. 4, 2006, pags. 246-253.</i> | <b>1</b>   |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b>  | <b>23</b>  |
| <b>II. OBJETIVO E HIPÓTESIS</b>   | <b>28</b>  |
| <b>III. REVISIÓN DE LITERATURA</b>  | <b>29</b>  |
| <b>3.1 Cultivo de <i>Lilium</i></b>   | <b>29</b>  |
| 3.1.1. Importancia comercial  | 29         |
| 3.1.2 Generalidades del cultivo de <i>Lilium</i> híbrido  | 30         |
| 3.1.3 Factores de la producción   | 34         |
| 3.1.4. Nutrición de <i>Lilium</i>   | 36         |
| <b>3.2 Hidroponía</b>   | <b>39</b>  |
| 3.2.1 Definición de hidroponía  | 39         |
| 3.2.2 El uso de la hidroponía   | 39         |
| <b>3.3 Características químicas de las soluciones nutritivas</b>  | <b>40</b>  |
| 3.3.1 Presión osmótica  | 41         |
| 3.3.2 Relación mutua de aniones y relación mutua de cationes  | 41         |
| 3.3.3 pH de la solución nutritiva   | 42         |
| <b>3.4 Respuesta de la planta a la solución nutritiva.</b>  | <b>44</b>  |
| 3.4.1 Presión osmótica  | 44         |
| 3.4.2 Relaciones de aniones y de cationes y pH de la solución nutritiva   | 46         |
| 3.4.3 Variedad  | 46         |
| <b>3.5 La solución nutritiva universal de Steiner.</b>  | <b>48</b>  |
| <b>3.6 Nutrición nitrogenada</b>  | <b>49</b>  |
| 3.6.1 Efecto fisiológico de las soluciones nutritivas con $N-NH_4^+$  | 49         |
| 3.6.2 Nutrición con $N-NO_3^-$ y $N-NH_4^+$   | 50         |
| 3.6.3 Factores que afectan la absorción del $N-NH_4^+$ y del $N-NO_3^-$   | 51         |
| 3.6.4 Efecto de la forma nitrogenada sobre la extracción nutricional  | 54         |
| 3.6.5 Relaciones $N-NO_3^-$ : aniones y $N-NH_4^+$ : cationes   | 57         |
| 3.6.6 Ventajas del uso del $N-NH_4^+$   | 59         |
| 3.6.7 Las especies o variedades toleran de diferente manera el $N-NH_4^+$   | 60         |

|  |            |
|--|------------|
| <b>3.7 Fósforo</b>   | <b>63</b>  |
| 3.7.1 Nutrición con $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  | 63         |
| <b>3.8 Interacción de <math>\text{N-NH}_4^-</math> y presión osmótica</b>  | <b>64</b>  |
| <b>3.9 Interacción de <math>\text{H}_2\text{PO}_4^-</math> y <math>\text{N-NH}_4^-</math></b>                      | <b>65</b>  |
| 3.10 ¿Por qué estudiar el $\text{N-NH}_4^+$ como una relación $\text{N-NH}_4^+$ : suma de cationes?.               | 65         |
| 3.11 ¿Por qué estudiar el $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ como una relación $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ : suma de aniones? | 69         |
| <b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>  | <b>73</b>  |
| <b>4.1. Localización del experimento</b>   | <b>73</b>  |
| <b>4.2. Material vegetal</b>   | <b>73</b>  |
| <b>4.3. Sustrato</b>   | <b>73</b>  |
| <b>4.4. Sistema Hidropónico</b>  | <b>74</b>  |
| <b>4.5. Plantación</b>   | <b>74</b>  |
| <b>4.6. Soluciones nutritivas</b>  | <b>74</b>  |
| <b>4.7. La presión osmótica</b>  | <b>75</b>  |
| <b>4.8. Preparación de las soluciones nutritivas</b>   | <b>75</b>  |
| <b>4.9. Control de pH</b>  | <b>76</b>  |
| <b>4.10. Reposición del agua transpirada</b>   | <b>77</b>  |
| <b>4.11. Tipo y frecuencia de riego</b>  | <b>77</b>  |
| <b>4.12. Tratamientos y diseño experimental</b>  | <b>77</b>  |
| <b>4.13. Variables a evaluar</b>   | <b>83</b>  |
| <b>4.14. Métodos para determinar las variables evaluadas</b>   | <b>83</b>  |
| <b>4.15. Análisis estadístico</b>  | <b>84</b>  |
| <b>4.16. Sobre la discusión de resultados.</b>   | <b>86</b>  |
| <b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>   | <b>87</b>  |
| <b>5.1 Efecto de la solución nutritiva</b>   | <b>87</b>  |
| 5.1.1 Los factores en estudio  | 87         |
| 5.1.2 Soluciones nutritivas más importantes  | 88         |
| 5.1.3 Efecto del potencial osmótico  | 100        |
| 5.1.4 Efecto del $\text{N-NH}_4^+$   | 102        |
| <b>5.2 Efectos de acidez.</b>  | <b>107</b> |
| <b>5.3 Respuesta a los factores de estudio.</b>  | <b>112</b> |
| <b>5.4 Variables de crecimiento</b>  | <b>122</b> |
| <b>VI. CONCLUSIONES</b>  | <b>135</b> |
| <b>VII. LITERATURA CITADA</b>  | <b>137</b> |
| <b>VIII. APENDICE</b>  | <b>146</b> |

## ÍNDICE GENERAL DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1. Efecto simple del N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> sobre el rendimiento kg m <sup>-2</sup> (adaptado de Preciado, <i>et al</i> 2002; González, <i>et al</i> 2009). .....   | 67  |
| Figura 2. Efecto simple del N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> sobre el rendimiento kg m <sup>-2</sup> (adaptado de Ganmore y Kafkafi, 1980). .....  | 68  |
| Figura 3. Concentración de Ca en flor de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable potencial osmótico (O) y los factores fijos N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (12.5 %) y niveles de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> de la solución nutritiva.....                  | 113 |
| Figura 4. Concentración de B en hoja de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable potencial osmótico (O) y los factores fijos N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (12.5 %) y niveles de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> de la solución nutritiva.....                   | 114 |
| Figura 5. Concentración de Fe en hoja de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> y los factores fijos potencial osmótico (O= -30 KPa) y niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> de la solución nutritiva. ....                 | 116 |
| Figura 6. Concentración de Fe en tallo (F <sub>T</sub> ) de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> y los factores fijos N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (0 %) y niveles de potencial osmótico (O) de la solución nutritiva. .... | 117 |
| Figura 7. Concentración de Fe en hoja de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> y los factores fijos potencial osmótico (O= -30 Kpa) y niveles de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> de la solución nutritiva. ....                 | 118 |
| Figura 8. Concentración de Ca en flor de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> y los factores fijos potencial osmótico (O= -30 KPa) y niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> de la solución nutritiva. ....                 | 120 |
| Figura 9. Concentración de Ca en flor de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> y los factores fijos N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (12.5 %) y niveles de potencial osmótico (O) de la solución nutritiva. ....                 | 121 |
| Figura 10. Calibre de Bulbo (CB) de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> y los factores fijos N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (12.5 %) y niveles de potencial osmótico (O) de la solución nutritiva. ....                      | 123 |
| Figura 11. Calibre de Bulbo de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> y los factores fijos potencial osmótico (O) -30 KPa y niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> de la solución nutritiva. ....                            | 124 |
| Figura 12. Diámetro medio del tallo 1 de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable potencial osmótico (O) y los factores fijos H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (80 %) y niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> de la solución nutritiva. ....                   | 126 |
| Figura 13. Botones desarrollados de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> y los factores fijos potencial osmótico (O) -50 KPa y niveles de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> de la solución nutritiva.....                        | 127 |
| Figura 14. Diámetro medio del tallo 2 (DM2) de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> y los factores fijos potencial osmótico (O) -50 KPa y niveles de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> de la solución nutritiva.....             | 128 |
| Figura 15. Diámetro basal del tallo 2 (DB2) de <i>Lilium</i> híbrido asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> y los factores fijos potencial osmótico (O) -50 KPa y niveles de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> . ....                                    | 130 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 16. Días vida en florero (DVFLO) de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable potencial osmótico (O) y los factores fijos $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ (80 %) y niveles de $\text{N-NH}_4^+$ de la solución nutritiva. ....  | 132 |
| Figura 17. Días vida en florero (DVFLO) de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable $\text{N-NH}_4^+$ y los factores fijos potencial osmótico (O) -30 KPa y niveles de $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ de la solución nutritiva. .... | 133 |
| Figura 18. Días vida en florero (DVFLO) de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ y los factores fijos $\text{N-NH}_4^+$ 0 % y niveles de potencial osmótico (O) de la solución nutritiva. ....     | 134 |

## ÍNDICE GENERAL DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| Cuadro 1. Factorial resultante al estudiar N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> y N-NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> en la solución nutritiva.<br>.....   | 66 |
| Cuadro 2. Estudio de tres niveles de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> y tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> .....  | 67 |
| Cuadro 3. Solución nutritiva universal Steiner .....  | 70 |
| Cuadro 4. Solución nutritiva de Steiner modificada por incrementos de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> en la relación de aniones. ....   | 71 |
| Cuadro 5. Incrementos de presión osmótica al adicionar una sal a la solución nutritiva. ....  | 72 |
| Cuadro 6. Composición química de la solución nutritiva de Steiner en mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> . 75   | 75 |
| Cuadro 7. Solución madre de micronutrientes a partir de sales grado reactivo. (concentrada para 1000 L de solución nutritiva). ....   | 76 |
| Cuadro 8. Factores y niveles de concentración de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> y potencial osmótico (O) de las soluciones nutritivas. ....   | 78 |
| Cuadro 9. Factorial 3 <sup>3</sup> de los tratamientos de los factores y niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y potencial osmótico (O) estudiados en el cultivo hidropónico de <i>Lilium</i> híbrido Asiático.....  | 79 |
| Cuadro 10. Composición química de las soluciones nutritivas de los tratamientos estudiados en el cultivo hidropónico de <i>Lilium</i> híbrido Asiático. ....  | 81 |
| Cuadro 11. Cantidad de mililitros (mL) de las soluciones madre (preparadas con sales grado reactivo) para obtener un litro de solución nutritiva para el cultivo de <i>Lilium</i> híbrido Asiático. ....  | 82 |
| Cuadro 12. Efecto de la interacción de los factores fijos potencial osmótico (O) y concentración de los iones NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N) y el factor variable concentración de los iones H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) de la solución nutritiva, en el contenido de nutrientes en órganos de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo'. .... | 89 |
| Cuadro 13. Concentraciones de nutrientes en órganos de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' que aumentan ( ) o disminuyen ( ) por efecto del cambio en el factor variable H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) de la solución nutritiva y los factores fijos, amonio (N) y potencial osmótico (O). ....  | 90 |
| Cuadro 14. Efectos de la concentración de nutrientes en órganos de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' a partir de la solución nutritiva sin N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , potencial osmótico de -70 KPa (O) y 120 % de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> .....   | 93 |
| Cuadro 15. Efecto de la interacción de los factores fijos: concentración de los iones N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N) y H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y el factor variable: potencial osmótico (O) de la solución nutritiva en el contenido de varios nutrientes en órganos de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo'. ....                  | 96 |
| Cuadro 16. Concentraciones de nutrientes en órganos de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' que aumentan ( ) o disminuyen ( ) por efecto del cambio en el factor variable potencial osmótico (O) de la solución nutritiva y los factores fijos, amonio (N) y concentración de los iones H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P). ....                   | 97 |
| Cuadro 17. Efectos de la concentración de nutrientes en órganos de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' a partir de la solución nutritiva con potencial osmótico -50 Kpa (O) H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 120 % y 12.5 % de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> . ....   | 98 |

|  |     |
|--|-----|
| Cuadro 18. Efecto de la interacción de los factores fijos: potencial osmótico (O) y concentración de los iones $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ (P) y el factor variable: concentración de los iones $\text{NH}_4^+$ (N) de la solución nutritiva, en el contenido de varios nutrientes en órganos de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo'. | 103 |
| Cuadro 19. Concentraciones de nutrientes en órganos de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' que aumentan ( ) por efecto del cambio en el factor variable amonio (N) de la solución nutritiva y los factores fijos, potencial osmótico (O) y concentración de los iones fosfato (P).  | 104 |
| Cuadro 20. Concentraciones de nutrientes en órganos <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' que disminuyen ( ) por efecto del cambio en el factor amonio (N) de la solución nutritiva y los factores fijos, potencial osmótico (O) y concentración de los iones fosfato (P).  | 105 |

## ÍNDICE DE CUADROS EN EL APÉNDICE

|  |     |
|--|-----|
| Cuadro 1A. Análisis de varianza de variables fisiológicas y de crecimiento en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre los cultivares ‘Mentón’ y ‘Brunelo’ (V) de <i>Lilium</i> híbrido Asiático.....   | 146 |
| Cuadro 2A. Análisis de varianza de variables de la cosecha y poscosecha, en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares (V) de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’.....  | 147 |
| Cuadro 3A. Análisis de varianza de variables de calibre de bulbo, peso fresco y seco de bulbo, tallo, hoja e inflorescencia en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’ (V).....   | 148 |
| Cuadro 4A. Análisis de varianza de efectos significativos simples e interacciones de variables fisiológicas y de crecimiento en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’ (V).....  | 148 |
| Cuadro 5A. Análisis de varianza de variables fisiológicas y de crecimiento en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre cada uno de los cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’.....  | 150 |
| Cuadro 6A. Análisis de varianza de variables de la cosecha y poscosecha en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre cada uno de los cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’.....   | 151 |
| Cuadro 7A. Análisis de varianza de variables de la cosecha en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre cada uno de los cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’.....  | 152 |
| Cuadro 8A. Análisis de varianza de efectos significativos de los factores simples e interacciones sobre las variables fisiológicas, de crecimiento, cosecha y poscosecha en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) en cada uno de los cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’..... | 153 |
| Cuadro 9A. Pruebas de Tukey de variables fisiológicas y de crecimiento en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’.....  | 154 |
| Cuadro 10A. Pruebas de Tukey de variables de la cosecha y poscosecha, en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’.....   | 155 |
| Cuadro 11A. Pruebas de Tukey de las variables de la cosecha en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial  |     |

|   |     |
|---|-----|
| osmótico (O) sobre los cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’.  | 156 |
| Cuadro 12A. Pruebas de Tukey de variables fisiológicas y de crecimiento en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre cada uno de los cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’.  | 157 |
| Cuadro 13A. Pruebas de Tukey de variables de la cosecha y poscosecha en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’ por separado.  | 158 |
| Cuadro 14A. Pruebas de Tukey de variables de la cosecha en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre cada uno de dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’.  | 159 |
| Cuadro 15A. Análisis de varianza de la concentración de nutrimentos en tallo, en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’.  | 160 |
| Cuadro 16A. Análisis de varianza de la concentración de nutrimentos en hoja, en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’.   | 161 |
| Cuadro 17A. Análisis de varianza de la concentración de nutrimentos en flor, en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’.   | 162 |
| Cuadro 18A. Análisis de varianza de efectos significativos de factores simples e interacciones sobre la concentración de nutrimentos en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares (V) de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’. | 163 |
| Cuadro 19A. Análisis de varianza de la concentración de nutrimentos en tallo, hoja y flor, de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).  | 164 |
| Cuadro 20A. Análisis de varianza de la concentración de nutrimentos en tallo, hoja y flor, de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).  | 165 |
| Cuadro 21A. Análisis de varianza de efectos significativos de factores simples e interacciones en la concentración de nutrimentos de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).                                      | 166 |
| Cuadro 22A. Análisis de varianza de efectos significativos simples e interacciones en la concentración de nutrimentos de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).   | 167 |
| Cuadro 23A. Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en tallo en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de  |     |

|  |     |
|--|-----|
| potencial osmótico (O) y dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.....   | 170 |
| Cuadro 24A. Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en hoja en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.....   | 171 |
| Cuadro 25A. Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en flor en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.....   | 172 |
| Cuadro 26A. Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en tallo de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 173 |
| Cuadro 27A. Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en hoja de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). .....   | 174 |
| Cuadro 28A. Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en flor de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). .....   | 175 |
| Cuadro 29A. Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en tallo de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). .....   | 176 |
| Cuadro 30A. Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en hoja de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 177 |
| Cuadro 31A. Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en flor de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 178 |
| Cuadro 32A. Análisis de varianza de la extracción de nutrimentos en tallo, en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares (V) de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.....  | 179 |
| Cuadro 33A. Análisis de varianza de la extracción de nutrimentos en hoja, en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares (V) de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.....   | 180 |
| Cuadro 34A. Análisis de varianza de la extracción de nutrimentos en flor, en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares (V) de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.....   | 181 |
| Cuadro 35A. Análisis de varianza de efectos significativos de factores simples e interacciones sobre la extracción de nutrimentos en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) en dos cultivares (V) de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Mentón' y 'Brunelo'..... | 182 |
| Cuadro 36A. Análisis de varianza de la extracción de nutrimentos en tallo, hoja y flor de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de tres de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 183 |

|   |     |
|---|-----|
| Cuadro 37A. Análisis de varianza de la extracción de nutrimentos en tallo, hoja y flor, de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Brunelo’, en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 184 |
| Cuadro 38A. Análisis de varianza de efectos significativos de factores simples e interacciones sobre la extracción de nutrimentos en <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O).....  | 185 |
| <b>Cuadro 39A.</b> Análisis de varianza de efectos significativos de factores simples e interacciones sobre la extracción de nutrimentos en <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O).....  | 186 |
| Cuadro 40A. Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en tallo, en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’. .....   | 187 |
| Cuadro 41A. Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en hoja, en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’. .....  | 188 |
| Cuadro 42A. Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en flor, en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’. .....  | 189 |
| Cuadro 43A. Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en tallo de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 190 |
| Cuadro 44A. Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en hoja de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....   | 191 |
| Cuadro 45A. Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en flor de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Mentón’, en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 192 |
| Cuadro 46A. Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en tallo de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O).....   | 193 |
| Cuadro 47A. Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en hoja de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 194 |
| Cuadro 48A. Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en flor de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 195 |
| Cuadro 49A. Análisis de varianza de efectos significativos de los factores simples e interacciones sobre la extracción de nutrimentos en planta, en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares (V) de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’. ..... | 196 |

|  |     |
|--|-----|
| Cuadro 50A. Análisis de varianza de los factores simples y las interacciones sobre variables de crecimiento y de cosecha en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre los cultivares (V) 'Mentón' y 'Brunelo' de <i>Lilium</i> híbrido Asiático.....   | 197 |
| Cuadro 51A. Análisis de varianza de efectos significativos de los factores simples e interacciones sobre las variables de extracción de nutrimentos, de crecimiento y de cosecha en un experimento factorial con tres niveles de $H_2PO_4^-$ (P), tres de $N-NH_4^+$ (N) y tres de potencial osmótico (O), en los cultivares (V) 'Mentón' y 'Brunelo' de <i>Lilium</i> híbrido Asiático..... | 198 |
| Cuadro 52A. Análisis de varianza sobre la extracción de nutrimentos en planta de <i>Lilium</i> híbrido Asiático, 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 199 |
| <b>Cuadro 53A.</b> Análisis de varianza sobre variables de crecimiento y de cosecha en <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....   | 200 |
| Cuadro 54A. Análisis de varianza sobre la extracción de nutrimentos en planta de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 201 |
| Cuadro 55A. Análisis de varianza sobre variables de crecimiento y de cosecha en <i>Lilium</i> híbrido Asiático, 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 202 |
| Cuadro 56A. Análisis de varianza de los efectos significativos de los factores simples e interacciones sobre la extracción de nutrimentos en planta de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....   | 203 |
| Cuadro 57A. Análisis de varianza de los efectos significativos de factores simples e interacciones sobre la extracción de nutrimentos en planta de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 203 |
| Cuadro 58A. Análisis de varianza sobre la concentración de nutrimentos en planta de <i>Lilium</i> Híbrido asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 204 |
| Cuadro 59A. Análisis de varianza sobre la concentración de nutrimentos en planta de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....   | 204 |
| <b>Cuadro 60A.</b> Análisis de varianza de los efectos significativos de los factores simples e interacciones sobre la concentración de nutrimentos en planta de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de $H_2PO_4^-$ (P), tres de $N-NH_4^+$ (N) y tres de potencial osmótico (O) . .....  | 205 |
| Cuadro 61A. Análisis de varianza de efectos significativos de los factores simples e interacciones sobre la concentración de nutrimentos en <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de $H_2PO_4^-$ (P), tres de $N-NH_4^+$ (N) y tres de potencial osmótico (O). .....   | 205 |
| Cuadro 62A. Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en planta de <i>Lilium</i> híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de $N-NH_4^+$ (N), tres de $H_2PO_4^-$ (P) y tres de potencial osmótico (O). .....   | 207 |

|  |     |
|--|-----|
| Cuadro 63A. Pruebas de Tukey sobre la concentración de nutrimentos en planta de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).....             | 208 |
| Cuadro 64A. Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en planta de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). .....                  | 208 |
| Cuadro 65A. Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en planta de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).....                   | 210 |
| Cuadro 66A. Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en tallo de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).....                  | 211 |
| Cuadro 67A. Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en hoja de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). .....    | 212 |
| Cuadro 68A. Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en flor de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). .....    | 213 |
| Cuadro 69A. Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en tallo de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 214 |
| Cuadro 70A. Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en hoja de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). .....   | 215 |
| Cuadro 71A. Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en flor de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). .....   | 216 |
| Cuadro 72A. Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en planta de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). .....  | 217 |
| Cuadro 73A. Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en planta de <i>Lilium</i> híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N), tres de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O). ..... | 218 |

## RESUMEN

En invernadero se evaluaron diferentes tratamientos de la solución nutritiva universal Steiner para determinar el efecto sobre la concentración de nutrimentos de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' en hidroponía. La solución se abasteció diariamente, con un pH entre 5.0-5.5, el sustrato de cultivo fué tezontle rojo con partículas de 1 a 7 mm de diámetro. El diseño de tratamientos fue un factorial 3x3x3. Los factores de estudio fueron: 1) potencial osmótico de la solución nutritiva (-30, -50 y -70 KPa), 2) relación de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> cationes (0, 12.5 y 25 % del total de la concentración de cationes) y 3) relación de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> -aniones (80, 120 y 160 % con respecto a la concentración de este ión en la solución nutritiva Steiner). Se realizaron análisis de macronutrimentos en tallo, hoja y flor: N, P, K, Ca, Mg así como de micronutrimentos: Mn, B, Zn, Cu y Fe. Los análisis de varianza y las pruebas de medias de Scheffé mostraron efectos interactivos con diferencias significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ) de los factores estudiados, concluyendo que la selección de los niveles fue apropiada, ya que con estos niveles, especialmente con el nivel medio de cada factor se obtuvieron los valores mas grandes de de Ca en flor, B en hoja, K en tallo, Fe en hoja y P en flor. Además con la solución nutritiva con potencial osmótico de -70 KPa, concentración de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> de 120 % y cero % de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, se obtuvieron las mayores concentraciones de P, K, Ca, Mn Fe ó B en órganos como la flor, hoja o tallo de 'Brunelo', también se encontró que el aumento de la concentración de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva provocó mayor acidez en la misma, de igual manera que el aumento de la concentración de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, ocasionando en ambos casos la disminución en la concentración de Ca en flor, Mn en flor y/o Fe en tallo de 'Brunelo'. Por último la solución nutritiva con los niveles medios de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 12.5 %, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> 120 y el potencial osmótico de -50 KPa, propició el mayor diámetro medio 2 y el diámetro basal 2, así como las mayores concentraciones de Ca en flor, K en tallo y/o Mn en flor de 'Brunelo'. La solución nutritiva con los niveles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 0 %, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> 80% y potencial osmótico de -30 KPa produjo el mayor número de días vida en florero de 'Brunelo'.

**Palabras clave:** hidroponía, cationes, aniones, solución Steiner.

## SUMMARY

In order to determine the effect of different concentrations of the universal Steiner nutrient solution on the Asiatic hybrid Liliium 'Brunelo' grown in hydroponics under greenhouse a 3x3x3 factorial experiment was carried out. The studied factors were 1) osmotic potential of nutrient solution (-30, -50, -70 KPa ); 2) N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> relationship (0, 12.5, and 25% of the total of cation concentration), and 3) H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> anions ( 80, 120 and 160% with respect to the concentration of this ion in the Steiner solution. The solution was provided daily with a pH ranging between 5.0-5.5. The culture substrate was a red "tezontle" whose particle diameter ranged from 1 a 7 mm. Macronutrient and micronutrient analyses were performed in stem, leaf, and flower ( N, P, K, Ca, Mg, Mn, B, Zn, Cu, and Fe). Analyses of variance and mean comparisons (Scheffé) were performed. Significant ( $\alpha \leq 0.05$ ) differences were found.

It was concluded that the selection of levels was appropriate, since with these levels, especially with the mean level of each factor, occurred the largest values of Ca in flower, B in leaf, K in stem, Fe in leaf, and P in flower. In addition, with the level combination -70KPa, 120% H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, and 0% N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> the largest concentrations of P, K, Ca, Mn, Fe, y B in flower, leaf or stem were found. It was also found that the concentration of H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> was positively related with the nutrient solution acidity, and negatively related with the concentration of Ca in flower, Mn in flower, and /or Fe in stem. Finally, the nutrient solution with the mean levels of the three studied factors produced the largest mean diameter 2 and the basal stem diameter 2 and the largest concentrations de Ca in flower, K in stem and /or Mn in the flower of Asiatic hybrid Liliium 'Brunelo'.

The nutrient solution with the lowest levels of 0 % N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, 80 % H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> and -30 KPa produced the largest vase life of lily 'Brunelo'.

**Key words:** Hydroponics, cations, anions, Steiner solution

## **PROPUESTA PARA LA FORMULACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN ESTUDIOS DE NUTRICIÓN VEGETAL**

Artículo publicado en la revista *interciencia*. Revista de ciencia y tecnología de América, Vol 31, No. 4, 2006, pags. 246-253.

**MA. DE JESÚS JUÁREZ HERNÁNDEZ, GUSTAVO A. BACA CASTILLO,  
LORENZO A. ACEVES NAVARRO, PROMETEO SÁNCHEZ GARCÍA,  
JUAN LUIS TIRADO TORRES, JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS  
y MARÍA TERESA COLINAS LEÓN**

### RESUMEN

Para evaluar el efecto de uno o más nutrientes de las soluciones nutritivas en el crecimiento, desarrollo, rendimiento, calidad del producto y absorción de los nutrientes por los cultivos se han llevado a cabo numerosas investigaciones, sin que exista una técnica con aceptación general. Lo más común es que se modifique la concentración del nutriente en cuestión (anión o catión) y, en el mejor de los casos, se controle que los demás nutrientes restantes mantengan una concentración constante. El uso de soluciones nutritivas que contienen  $\text{N-NH}_4^+$  y  $\text{N-NO}_3^-$  son un buen ejemplo de soluciones con cambios simultáneos en los nutrientes del tipo anión y catión. Por otra parte, con base en algunos estudios sistemáticos acerca de las características químicas de las soluciones nutritivas, y cómo éstas afectan a su vez dichas características de los cultivos, se analizó un número de estudios acerca del uso del  $\text{N-NH}_4^+$  y/o del  $\text{N-NO}_3^-$ . Se encontró que dichos estudios no permiten hacer inferencias sobre los efectos directos del  $\text{N-NH}_4^+$ , o del  $\text{N-NO}_3^-$ , así como de su interacción. Se propone el empleo de soluciones nutritivas que correspondan, por su estructura, al diseño experimental factorial completo; con combinaciones de soluciones nutritivas (tratamientos) de un grupo de relaciones de concentración  $\text{NH}_4^+$ : cationes, con otro grupo de relaciones similares  $\text{NO}_3^-$ : aniones. Dichos tratamientos permiten evaluar los efectos directos del  $\text{N-NH}_4^+$  y el  $\text{N-NO}_3^-$  y de su interacción, sin interferencias de otra índole (ej., presión osmótica y pH de la solución nutritiva).

Ma. de Jesús Juárez Hernández. **Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de Chapingo(UACh), México. M.Cs. y Candidato a D.Cs. en Edafología, CPM, México. Dirección: Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5, Carretera México-Texcoco, CP 56230, Chapingo, Texcoco, México. e-mail: juarezhma@yahoo.com.mx**

Gustavo A. Baca Castillo. **Ingeniero Agrónomo, Escuela Nacional de Agricultura (ENA), Chapingo, México. M.Cs. y D.Cs., CPM, México. Profesor, Investigador, Instituto de Recursos Naturales (IRENAT-CPM), México.**

Lorenzo A. Aceves Navarro. **Ingeniero Agrónomo, ENA, Chapingo, México. M.Sc. y Ph.D., University of Nebraska, EEUU. Profesor, Investigador, IRENAT-CPM, México. e-mail: laceves@colpos.mx**

Prometeo Sánchez García. **Ph.D., Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Uruapan Michoacán, México. M.Cs. y Doctorado, Universidad Rusa de la Amistad de los Pueblos, Moscú, URSS. Profesor Investigador, IRENAT-CPM, México.**

Juan Luis Tirado Torres. **Ingeniero Agrónomo, ENA, Chapingo, México. M.Cs. en Edafología, Colegio de Postgraduados de Chapingo, México. Docteur D'Etat, Université de Sciences et Techniques de Languedoc, Montpellier, Francia. Profesor Investigador, IRENAT-CPM, México.**

Jaime Sahagún Castellanos. **Ingeniero Agrónomo, ENA, Chapingo, México. M.Cs. en Estadística, CPM, México. Ph.D. en Fitomejoramiento y Citogenética, Iowa State University**

María Teresa Colinas De León. **Licenciada en Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. M.Cs. En Botánica, CPM, México. Ph.D. en Botánica, University of California, Riverside, EEUU. Profesor Investigador, UACh, México. e-mail: mtcolina@taurus1.chapingo.mx**

**PALABRAS CLAVE / Hidroponía / Relación  $N-NH_4^+$ / $N-NO_3^-$  / Relación  $NH_4^+$ : cationes / Relación  $NO_3^-$ : aniones /**

Recibido: 14/09/2004. Modificado: 10/02/2006. Aceptado: 14/02/2006.

Con el objetivo de investigar, entre otros aspectos, la influencia de una amplia variación de la composición de la solución nutritiva sobre el crecimiento, desarrollo, comportamiento y absorción de nutrientes en solución de diferentes cultivos y utilizando diversos substratos, se han llevado a cabo numerosos experimentos de fisiología y de nutrición vegetal. Estos estudios tienen en común tanto el uso de soluciones nutritivas, como el planteamiento y la formulación adecuados de éstas, permitiendo la interpretación real de los resultados obtenidos.

De acuerdo con Steiner (1961, 1966, 1984) y De Rijck y Schrevens (1998a), la composición química de una solución nutritiva está determinada por i) una relación catiónica mutua, ii) una relación aniónica mutua, iii) la concentración iónica total, y iv) el pH. Varios autores (Steiner, 1961, 1966, 1968, 1984; Bugarin *et al.*, 1998; Flores, 1999; Martínez, 1999; Preciado, 2001) indican que entre las características que influyen de manera determinante en la respuesta de las plantas a la solución nutritiva, la más importante es la presión osmótica.

De Rijck y Schrevens (1998b, 1999) compararon la composición química de 12 soluciones nutritivas, determinaron sus relaciones mutuas de aniones y de cationes, su presión osmótica, su pH y la presencia de amonio. Van Labeke *et al.* (1995), por otro lado, estudiaron la respuesta de *Eustoma grandiflorum* a la relación relativa de cationes y aniones de 7 soluciones nutritivas, todas ellas con la misma presión osmótica y el mismo pH.

En el presente trabajo se discuten diversas investigaciones relacionadas con la nutrición nitrogenada de las plantas, específicamente las que incluyen al nitrógeno de nitratos,  $\text{N-NO}_3^-$ , y/o al nitrógeno amoniacal,  $\text{N-NH}_4^+$ , dado que constituyen ejemplos de una relación mutua de aniones y de cationes en forma simultánea. Mediante un análisis comparativo con la propuesta de Steiner se delimitan los alcances de dichas investigaciones, incluyendo la presente.

Por otra parte, se propone la formulación de soluciones nutritivas que permitan determinar los efectos directos del  $\text{N-NO}_3^-$  y del  $\text{N-NH}_4^+$  y el efecto interactivo de ambos, sin que interfieran la presión osmótica y el pH de las soluciones nutritivas.

## **La Solución Nutritiva**

Numerosas soluciones nutritivas han sido formuladas para hacer crecer plantas en cultivo sin suelo, y su composición química varía ampliamente (Smith *et al.*, 1983).

Estas soluciones fueron desarrolladas empíricamente y la mayor parte sin consultar, previamente información precisa, con respecto a las concentraciones de nutrientes, las fuentes de  $\text{N}_2$  y su concentración total, para lograr el crecimiento óptimo de diversas especies vegetales. Dichos autores enfatizan que las concentraciones de nutrientes requeridos para satisfacer las demandas internas de las plantas difieren de acuerdo con la especie. Por lo tanto, no puede haber

una solución nutritiva única con la que se tendrían resultados satisfactorios para todas ellas. Sin embargo algunas soluciones, tales como la Hoagland han sido ampliamente usadas y consideradas suficientemente útiles en las investigaciones realizadas, lo que a juicio de dichos autores, ha limitado el desarrollo de las investigaciones al respecto.

Mientras que para Steiner (1961, 1984) la composición química de una solución nutritiva está determinada por las proporciones relativas de aniones y cationes, la concentración iónica total y el pH, para De Rijck y Schrevens (1997) una vez determinadas las relaciones y concentraciones iónicas, el pH es a su vez fijado. Esto significa que el pH es una propiedad inherente de la composición mineral de la solución nutritiva que no puede ser variado independientemente.

### *Presión osmótica*

La respuesta de las plantas en crecimiento y desarrollo a la solución nutritiva del cultivo hidropónico (Steiner, 1966) depende de varios factores, el más importante de éstos es la concentración total de iones, expresada como presión osmótica de la solución nutritiva, que es una propiedad fisicoquímica de las soluciones que depende de la cantidad de partículas o solutos disueltos (Segal, 1989).

Un aumento de la presión osmótica debido al incremento en el contenido de nutrientes o de otros iones en la solución nutritiva provoca que la planta realice un esfuerzo mayor para absorber agua y algunos nutrientes (Asher y Edwards, 1983; Marschner, 1995) y por consiguiente un desgaste de energía metabólica.

Las características químicas de la solución nutritiva se reflejan en la respuesta de las plantas, siendo la presión osmótica la más importante de estas características. Según Steiner (1961, 1966, 1968, 1969, 1984), diferencias de presión osmótica de la solución nutritiva en el orden de 0,2atm, provocan discrepancias considerables en el rendimiento de los cultivos.

### *Relación de aniones y relación de cationes*

Steiner (1961) estableció el concepto de relación mutua entre los aniones  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ , y entre los cationes  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . Se basó en que una solución nutritiva debe estar regulada en sus macronutrientes contenidos en los iones mencionados (i.e., N, P, K, Ca, etc.). La regulación nutritiva consiste no solo en la cantidad absoluta de cada elemento aportado sino, además, en la relación cuantitativa que se establece entre los aniones por una parte y los cationes por la otra.

Steiner (1961) indicó que cuando se aplica la solución nutritiva en forma continua, las plantas pueden absorber iones a muy bajas concentraciones. Sin embargo, es probable que a una concentración demasiado baja, la demanda mínima de determinados nutrientes no sea cubierta.

En el otro extremo de concentración, el consumo excesivo puede conducir a efectos tóxicos. El punto de discusión es la existencia de concentraciones óptimas de determinados nutrientes en solución para un cierto cultivo, bajo particulares condiciones ambientales, o si sus proporciones relativas y no sus concentraciones absolutas son los factores determinantes. Bajo el supuesto que las concentraciones absolutas son decisivas y que éstas fueron determinadas experimentalmente, se tienen: 'a' mmol·L<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup>, 'b' mmol·L<sup>-1</sup> de Ca<sup>2+</sup> y 'c' mmol·L<sup>-1</sup> de Mg<sup>2+</sup>, lo que da una relación de K<sup>+</sup>:Ca<sup>2+</sup>:Mg<sup>2+</sup>, como a:b:c; sin embargo, esta relación también puede ser expresada como a/n, b/n y c/n, donde n= a + b + c. Así, la composición obtenida puede ser expresada simultáneamente en términos de una suma y de una razón. Esta última forma de expresión tiene la ventaja de que comprende a ambas propuestas; es decir, que si las concentraciones absolutas se evaluaron como factores determinantes, también las proporciones relativas de los diferentes iones pueden ser consideradas, si la concentración iónica total está incluida.

Steiner (1968) señaló, con relación a la concentración de cualquier ión, que el problema más importante es la relación que se establece con respecto a los demás iones de su misma carga eléctrica, lo que se denomina relación mutua aniónica, si se trata de aniones y relación mutua catiónica, al referirse a los cationes.

#### *pH de la solución nutritiva*

Steiner (1968) menciona que en una verdadera solución nutritiva se tienen todos los iones en forma libre y activa y que el pH es importante para determinar la disponibilidad de algunos iones; así por ejemplo, en un pH alto no es posible tener un contenido alto de iones Ca y PO<sub>4</sub>, debido a la posible co-precipitación de ambos en forma de compuestos poco solubles del tipo del CaHPO<sub>4</sub>.

El pH es importante para favorecer la presencia de la forma química H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, que es la forma del fósforo más fácilmente absorbida por las plantas (Marschner, 1995). A pH 5,0, 100 % del P está en esta forma y al aumentar el pH, dicha forma pasa a HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (pK<sub>a2</sub> = 7,3), alcanzando el 100 % a pH 10. El intervalo de pH en el que predomina el ion H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> sobre el HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> es entre 5 y 6. Precisamente entre estos límites se tiene la mejor difusión de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en el espacio libre aparente radical y aumenta su absorción por parte de las plantas desarrolladas en hidroponía (De Rijck y Schrevens, 1997).

En las soluciones nutritivas se pueden presentar problemas por precipitación de P cuando el pH es mayor de 7,5. Cuando el producto de sus contenidos de Ca<sup>2+</sup> y HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (en mM·l<sup>-1</sup>) presentes en la solución nutritiva es >2,2 ocurre precipitación de CaHPO<sub>4</sub> (Steiner, 1984).

Steiner (1968) generalmente usa valores de pH de 6,0-6,5 y considera que en este intervalo el equilibrio de disociación de los fosfatos y de los carbonatos da la mayor capacidad amortiguadora con respecto al pH. Se puede concluir que el pH

apropiado de una solución para el desarrollo de un cultivo en hidroponía varía entre 5 y 6. Sin embargo, el pH de una solución nutritiva no es estático, sino que varía en función de la diferencia en la magnitud de absorción de nutrientes por las plantas, en términos del balance de aniones respecto a los cationes. Cuando los aniones son absorbidos en mayor magnitud, por ejemplo cuando la fuente de  $N_2$  en la solución nutritiva es únicamente  $NO_3^-$ , la planta excreta aniones  $OH^-$  o  $HCO_3^-$  para contrarrestar las cargas eléctricas en su interior (Marschner, 1995), lo que genera un pH alcalino. A este proceso se le llama alcalinidad fisiológica. La solución Steiner es de este tipo. Dicho de otra manera, en la medida que la planta absorbe una proporción mayor de aniones que de cationes, se incrementa el pH de la solución.

### *Solución Nutritiva Universal de Steiner*

En los cultivos sin suelo se puede dar o establecer cualquier relación de iones y cualquier concentración total de sales, siempre que no supere los límites de precipitación para ciertas combinaciones de iones. Así, la selección de la concentración de una solución nutritiva debe ser tal que el agua y los iones totales sean absorbidos por la planta en la misma proporción en la cual están presentes en la solución (Steiner, 1968).

Steiner (1961) desarrolló un método para calcular una fórmula para la composición de una solución nutritiva, la cual satisface ciertos requerimientos. Coic (1973) y Steiner (1973, 1980) indican que la composición y concentración de una solución nutritiva depende de la clase de cultivo, de la fase de desarrollo, del medio ambiente, del tipo de hidroponía (frecuencia de renovación de soluciones). Añaden que las plantas poseen una cierta elasticidad con relación al ambiente nutritivo; es decir, que la planta absorbe los iones en su propia relación mutua, dentro de amplios límites, independientemente de la relación mutua entre los iones de la solución nutritiva.

La solución nutritiva universal de Steiner se distingue por sus relaciones mutuas entre aniones y cationes, expresadas en porcentaje del total de  $mM \cdot l^{-1}$ . Este autor indica que el uso de su solución nutritiva universal demanda únicamente que se determine la presión osmótica requerida para un cultivo en particular en una cierta época del año. Las relaciones mutuas entre los iones en la Solución Nutritiva Universal de Steiner en porcentaje del total de  $mM \cdot l^{-1}$  es de 60:5:35 para  $NO_3^-$ :  $H_2PO_4^-$ :  $SO_4^{2-}$  y 35:45:20 para  $K^+$ :  $Ca^{2+}$ :  $Mg^{2+}$  (Steiner, 1968, 1984)

### *Relaciones $N-NH_4^+/N-NO_3^-$ en Estudios de Nutrición Vegetal*

Los estudios sobre la absorción de algún o algunos nutrimentos, en particular, comprenden el efecto de un anión (tal es el caso del  $N_2$  nítrico  $N-NO_3^-$ ), o de un catión (como el  $N_2$  amoniacal,  $N-NH_4^+$ ), o se estudia el efecto simultáneo de un catión y un anión. Se considera que los estudios de la relación  $N-NH_4^+/N-NO_3^-$  constituyen un ejemplo de estos casos, por lo que se revisó la literatura correspondiente.

De los trabajos acerca de la respuesta de los cultivos a soluciones nutritivas en hidroponía, o directamente al suelo, con concentraciones diferentes de  $\text{N-NO}_3^-$  y/o  $\text{N-NH}_4^+$ , se tomó en cuenta el efecto en las plantas de la presión osmótica de las soluciones. Con base en los tratamientos experimentales utilizados, el conjunto de artículos se agrupó en la Tabla 1 Algunos trabajos están clasificados en más de una categoría debido a que comprenden dos o más experimentos.

TABLA 1  
ESTUDIOS SOBRE LA RESPUESTA DE LAS PLANTAS A  
LA RELACIÓN  $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$

| Tratamientos Experimentales   | Referencias   |
|---|---|
| A) Concentraciones diferentes de $\text{N}_2$ en forma de $\text{NO}_3^-$ o $\text{NH}_4^+$ .   | Xie <i>et al.</i> , 1993;<br>Kafkafi y Ganmore-Neumann, 1997;<br>Martínez y Cerdá, 1989;<br>Fenn <i>et al.</i> , 1993; Cao y Tibbits, 1998;<br>Cao y Tibbits, 1994; Rideout y Raper, 1994;<br>Magalhães y Huber, 1989;<br>Anghinoni <i>et al.</i> , 1988. |
| B) Concentraciones diferentes del conjunto $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$ ( $\text{NH}_4\text{NO}_3^-$ ).  | Parchomchuk <i>et al.</i> , 1993;<br>Martínez y Cerdá, 1989.  |
| C) Concentraciones similares de $\text{N-NO}_3^-$ y $\text{N-NH}_4^+$ y comparación de los efectos producidos por una u otra fuente de $\text{N}_2$ .   | Kafkafi y Ganmore-Neumann, 1997;<br>Merhaut y Darnell, 1995.  |
| D) Concentraciones diferentes de $\text{N-NO}_3^-$ con respecto al $\text{N-NH}_4^+$ (relaciones $\text{N-NO}_3^-/\text{N-NH}_4^+$ ), con información incompleta de la composición química de las soluciones nutritivas.                                      | Magalhães y Huber, 1989.  |
| E) Concentraciones variables de la relación $\text{N-NO}_3^-/\text{N-NH}_4^+$ , con indicaciones precisas de la composición química de las soluciones y atención particular a mantener constante la concentración de varios de los macronutrientes restantes. | Cao y Tibbits, 1993;<br>Arnozis y Barneix, 1989;<br>Griffith y Streeter, 1994;<br>Sandoval <i>et al.</i> , 1994;<br>Cao y Tibbits, 1994; Barber <i>et al.</i> 1994;<br>Sandoval <i>et al.</i> , 1995.   |

La tecnología propuesta por Steiner para el estudio comparativo de soluciones nutritivas comprende los requisitos i) que las soluciones nutritivas tengan la misma relación mutua de aniones, ii) la misma relación mutua de cationes, iii) la misma presión osmótica, y iv) el mismo pH. Más adelante, en el inciso denominado Propuesta, se dan ejemplos al respecto). Los experimentos incluidos en el grupo A de la Tabla I, no cumplen con ninguno de los requisitos indicados, aunque tal vez

la intención haya sido hacerlo de manera aproximada con respecto a los requisitos i) o ii), según el caso. Esta situación podría tener diversas implicaciones, como, por ejemplo, si mediante un cierto experimento se comparan dos soluciones nutritivas que difieren entre sí en 4mM de  $\text{NO}_3^-$ , suministrados a partir de  $\text{NaNO}_3^-$ , esta concentración equivale a un aumento en la solución de su presión osmótica de 0,19atm. De acuerdo con Steiner, la presión osmótica de una solución nutritiva es el factor más importante en el rendimiento de la planta, y basta que la diferencia entre dos soluciones sea del orden de 0,2atm, para que sea estadísticamente significativa; en el ejemplo, podría ocurrir que la solución con  $\text{NO}_3^-$  extra, propicie que con el aumento de la presión osmótica de 0,19atm, la presión osmótica total satisfaga en forma óptima la demanda al respecto de dicha planta, lo que a su vez determine que el rendimiento aumente significativamente; sin embargo, el investigador en cuestión, podría atribuir erróneamente dicho resultado al incremento de  $\text{NO}_3^-$  de la solución nutritiva. Este ejemplo podría hacerse extensivo al caso contrario, cuando debido al aumento de la presión de la solución, la presión total de la misma la aleje 0,19atm, de la óptima requerida por la planta, lo que a su vez causará que el rendimiento de la planta disminuya, y dicho resultado podría ser atribuido erróneamente, al incremento de  $\text{NO}_3^-$  de la solución nutritiva. En forma similar se podría analizar lo que ocurriría en otros casos. Por ejemplo, con cambios en la relación mutua de cationes o cuando se comparan cambios en las soluciones nutritivas, que incluyeran ambas relaciones mutuas. En todos los casos deben tomarse en cuenta las condiciones ambientales en las cuales se encuentra la planta con relación a las que demanda, tal como se indicó en los ejemplos anteriores. Los errores de interpretación que se cometen cuando no se siguen los lineamientos indicados, varían en su grado de importancia e inclusive algunos de ellos podrían ser insignificantes.

Los experimentos del grupo B tampoco cumplen con ninguno de los requisitos antes indicados, aunque tal vez la intención haya sido la de cumplir simultáneamente con lo indicado en i) y ii). Los experimentos en el grupo C tampoco satisfacen ninguno de los requisitos, tal vez la intención fue cumplir con i) y ii) y comparar sus efectos entre sí. El experimento del grupo D tampoco cumple con los requisitos indicados; aparentemente puede incluir a los incisos i) y ii), sin embargo no fue posible comprobarlo, porque la información es incompleta. En el grupo E se tienen experimentos que comparan soluciones nutritivas preparadas en la forma más de acuerdo con lo indicado por Steiner. Al respecto, más adelante se toma un ejemplo y se discute detalladamente.

TABLA II

COMPOSICIÓN (MM) DE SEIS SOLUCIONES NUTRITIVAS PARA VARIOS PORCENTAJES DE N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Y LA MISMA CONCENTRACIÓN DE N-TOTAL

| Sal   | Porcentaje N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |       |       |       |       |       |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | 0/100   | 20/80 | 40/60 | 60/40 | 80/20 | 100/0 |
| Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>               | 1,0   | 0,8   | 0,6   | 0,4   | 0,2   | 0     |
| KNO <sub>3</sub>                                | 2,0   | 1,6   | 1,2   | 0,8   | 0,4   | 0     |
| (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 0   | 0,4   | 0,8   | 1,2   | 1,6   | 2,0   |
| K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                  | 0   | 0,2   | 0,4   | 0,6   | 0,8   | 1,0   |
| CaSO <sub>4</sub>                               | 0   | 0,1   | 0,2   | 0,3   | 0,4   | 0,5   |
| CaCl <sub>2</sub>                               | 0   | 0,1   | 0,2   | 0,3   | 0,4   | 0,5   |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                 | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   |
| MgSO <sub>4</sub>                               | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0   |
| NaCl  | 0,5   | 0,5   | 0,5   | 0,5   | 0,5   | 0,5   |

Tomado de Cao y Tibbitts (1993). Los nutrientes menores fueron abastecidos de acuerdo con Hammer *et al.* (1978).

TABLA III

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS PARA VARIOS PORCENTAJES DE N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Y MISMA CONCENTRACIÓN TOTAL DE N<sub>2</sub>

| Porcentaje   | Cationes                |                  |                  |                              |                 | Aniones                      |   |                               |                 |      |
|--|-------------------------|------------------|------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|---|-------------------------------|-----------------|------|
|  | K <sup>+</sup>          | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Cl <sup>-</sup> | PO   |
|  | mmol(±)·L <sup>-1</sup> |                  |                  |                              |                 |                              |   |                               |                 |      |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |                         |                  |                  |                              |                 |                              |   |                               |                 |      |
| 0/100  | 3,0                     | 2,0              | 2,0              | 0,0                          | 0,5             | 4,0                          | 1,0   | 2,0                           | 0,5             | 0,29 |
| 20/80  | 3,0                     | 2,0              | 2,0              | 0,8                          | 0,5             | 3,2                          | 1,0   | 3,4                           | 0,2             | 0,29 |
| 40/60  | 3,0                     | 2,0              | 2,0              | 1,6                          | 0,5             | 2,4                          | 1,0   | 4,8                           | 0,9             | 0,33 |
| 60/40  | 3,0                     | 2,0              | 2,0              | 2,4                          | 0,5             | 1,6                          | 1,0   | 6,2                           | 1,1             | 0,35 |
| 80/20  | 3,0                     | 2,0              | 2,0              | 3,2                          | 0,5             | 0,8                          | 1,0   | 7,6                           | 1,3             | 0,37 |
| 100/0  | 3,0                     | 2,0              | 2,0              | 4,0                          | 0,5             | 0,0                          | 1,0   | 9,0                           | 1,5             | 0,40 |

Basado en Cao y Tibbitts (1993; ver Cuadro I).

PO: presión osmótica expresada en atmósferas, calculada a partir de la suma total de los iones en mM (Steiner, 1984).

### Composición química de las soluciones nutritivas

Como se indicó anteriormente, varios investigadores han realizado estudios para determinar la respuesta de las plantas a las relaciones  $N-NH_4^+/N-NO_3^-$ . El estudio de Cao y Tibbitts (1993), para determinar los efectos de diferentes porcentuales de  $NNH_4^+/N-NO_3^-$  sobre el crecimiento y concentración mineral de la planta de papa (*Solanum tuberosum*), es de los más completos, ya que presenta la composición química de sus soluciones nutritivas (Tabla II). Dicha composición se analiza para determinar la forma en que se afecta la respuesta de la planta, aplicando los lineamientos establecidos por Steiner (1961, 1966, 1968, 1984).

Para determinar el efecto de la composición química de las soluciones nutritivas en las plantas, Steiner (1984) sugiere presentar dicha composición en términos de mM de aniones y cationes y determinar la presión osmótica. La información que se presenta en la Tabla II en mM fue transformada a  $mmol(\pm)\cdot L^{-1}$  y se refiere a cada uno de los macronutrientes, como se muestra en la Tabla III. En esta tabla se observa que las soluciones nutritivas presentan diferentes presiones osmóticas (PO); la diferencia entre el mayor valor y el menor es 0,11atm. Steiner (1961, 1966, 1968, 1984) indica que en los cultivos por él estudiados, la concentración iónica total en términos de presión osmótica es el determinante mayor del crecimiento, desarrollo y producción de la planta y que la presión osmótica óptima depende de la clase de planta (cultivo) y de las condiciones climáticas.

TABLA IV

DISEÑO FACTORIAL RESULTANTE DE LAS RELACIONES  $N-NH_4^+/N-NO_3^-$  EN LA COMPOSICIÓN DE LAS SOLUCIONES

| N - $NO_3^-$ en<br>$mmol\cdot carga\cdot 1^{-1}$ | ← $N-NH_4^+$ en $mmol\cdot carga\cdot 1^{-1}$ → |     |     |     |     |     |  |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|--|
|  | 0,0   | 0,8 | 1,6 | 2,4 | 3,2 | 4,0 |  |
| 4,0  | 4,0   |     |     |     |     |     |  |
| 3,2  |   | 4,0 |     |     |     |     |  |
| 2,4  |   |     | 4,0 |     |     |     |  |
| 1,6  |   |     |     | 4,0 |     |     |  |
| 0,8  |   |     |     |     | 4,0 |     |  |
| 0,0  |   |     |     |     |     | 4,0 |  |

Basado en Cao y Tibbitts (1993)

Esta situación de cambios en la relación  $N-NH_4^+/N-NO_3^-$  y simultáneamente de diferencias en la presión osmótica de las soluciones nutritivas, puede conducir a

un sesgo en la interpretación de la respuesta fisiológica de los cultivos a estas soluciones; es decir, un efecto adjudicado a cambios en la relación  $N-NH_4^+/N-NO_3^-$  puede ser debido a diferencias en la presión osmótica de la solución nutritiva, ya que ésta no se mantiene constante en las soluciones probadas.

En la Tabla IV se observa que el estudio de Cao y Tibbitts (1993) únicamente contempla bajo experimentación la composición de las soluciones nutritivas que se encuentran en la diagonal del cuadro; es decir, aquellas donde el  $N_2$  total es igual a  $4\text{mmol-carga}\cdot\text{L}^{-1}$ . Por otra parte, solamente permite determinar cuando el efecto fue debido específicamente al  $N-NO_3^-$ , o al  $N-NH_4^+$ , cuando la respuesta se manifiesta ante las soluciones que tienen las relaciones  $N-NH_4^+/N-NO_3^-$  de 0/100 o 100/0. Además, como se observó en la Tabla III, la presión osmótica es diferente en cada una de las soluciones, lo que provoca que los resultados obtenidos sean interpretados con cierto grado de sesgo, como se señaló anteriormente.

## Propuesta

### *Relaciones $N-NO_3^-$ : aniones y $N-NH_4^+$ : cationes*

Steiner (1966) realizó un estudio para evaluar diferentes soluciones nutritivas en plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* L). Determinó el efecto de diferentes relaciones  $NO_3^-$ : aniones ( $NO_3^-+H_2PO_4^-+SO_4^{2-}$ ) y de relaciones  $K^+$ : cationes ( $K^++Ca^{2+}+Mg^{2+}$ ); además, combinó los dos grupos de soluciones (los de las relaciones de aniones con los de las relaciones de cationes) de manera que resultó en un diseño factorial completo, y además cuidó que las soluciones tuvieran la misma presión osmótica y el mismo pH.

En un sistema triangular, las relaciones  $K^+$ : cationes y  $NO_3^-$ : aniones propuestas por Steiner, están representadas en la Figura 1 (tres relaciones de cationes) y en la Figura 2 (cinco relaciones de aniones).

Los puntos de las relaciones de  $K^+$ :cationes ( $K^++Ca^{2+}+Mg^{2+}$ , cuya suma 100 %, en  $\text{mmol-carga}\cdot\text{L}^{-1}$ ), se encuentran en una misma línea representados por A, B y C, en los que la concentración relativa de  $K^+$  es diferente; cuando ésta aumenta, lo hace a expensas de las concentraciones de  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$ . Además, la relación (3:1) entre  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$  es constante.

En forma similar, los puntos de las relaciones  $NO_3^-$ : aniones ( $NO_3^-+H_2PO_4^-+SO_4^{2-}$ , que igualmente suman 100%), se encuentran en una misma línea representados por los puntos 1, 2, 3, 4 y 5, en los cuales es constante la relación  $H_2PO_4^-$ :  $SO_4^{2-}$  (1:9) y donde los incrementos o disminuciones del  $NO_3^-$  son a costa de las concentraciones de  $H_2PO_4^-$  y  $SO_4^{2-}$ .

Steiner propuso tres relaciones de cationes y cinco relaciones de aniones debido a que encontró que los cultivos responden a intervalos de concentraciones mayores de cationes que de aniones.

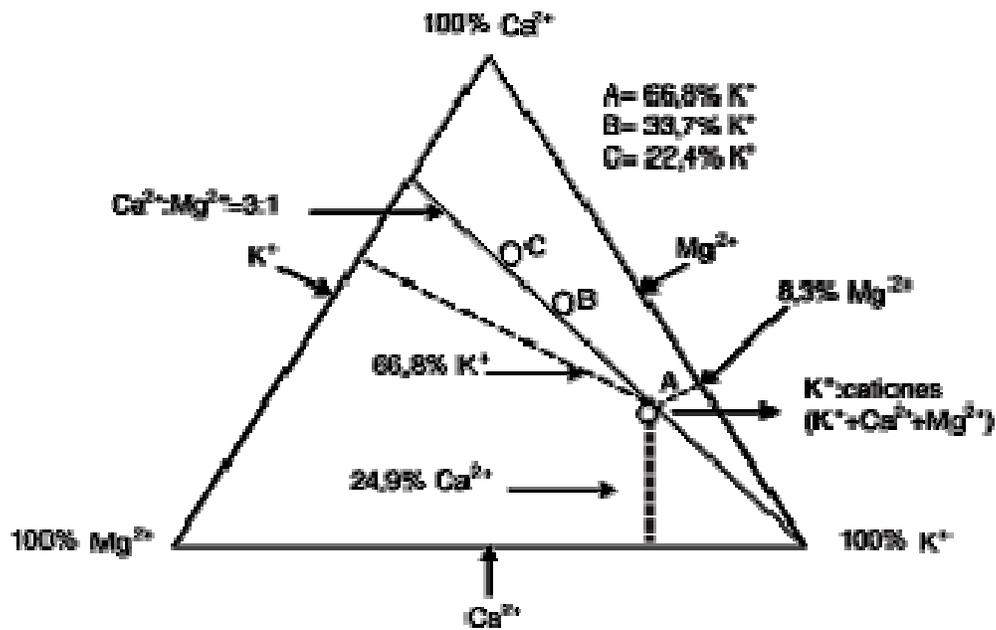


Figura 1. Las relaciones  $\text{K}^+:\text{cationes}$  ( $\text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) son los puntos A, B y C. Las concentraciones de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  están expresadas en % de  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . La línea donde se ubican los puntos A, B y C corresponde a la relación  $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+} = 3:1$ . A = 66,8:24,9:8,3; B = 33,7:49,725:16,575; y C = 22,4:58,2:94, respectivamente, de  $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ . La figura 2 no está a escala. Adaptado de Steiner (1966).

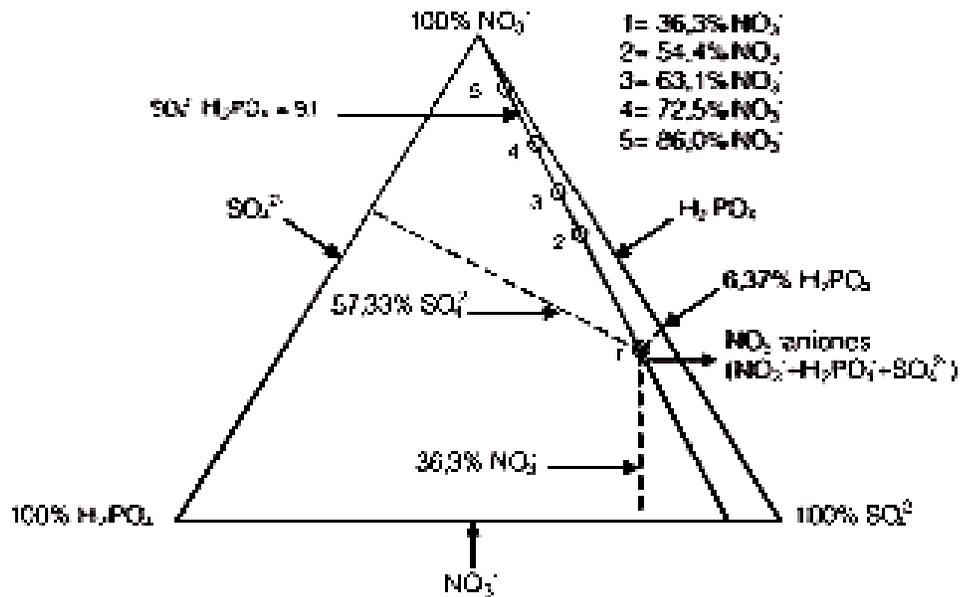


Figura 2. Las relaciones  $\text{NO}_3^-$ : aniones ( $\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{SO}_4^{2-}$ ) son los puntos 1, 2, 3, 4 y 5. Las concentraciones de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  están expresadas en % de  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . La línea donde se ubican los puntos corresponde a la relación  $\text{SO}_4^{2-}:\text{H}_2\text{PO}_4^- = 9:1$ ; 1= 36,3:6,37:57,33; 2= 54,4:4,56:41,04; 3 = 63,1:3,69:33,21; 4 = 72,5:2,75:24,75; 5 = 86,0:1,4:12,6, respectivamente, de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ . La figura no está a escala. Adaptado de Steiner (1966).

La combinación de las tres relaciones catiónicas y las cinco relaciones aniónicas equivalen a un total de 15 diferentes soluciones nutritivas. De estas, las combinaciones B1, C1 y C2 resultaron no aprovechables por precipitación; es decir, no son soluciones nutritivas verdaderas.

Steiner (1961) y De Rijck y Schrevens (1997) han considerado que en una solución verdadera la determinación química analítica de sus componentes debe coincidir con la correspondiente de su fórmula química. Otros estudios realizados por Steiner (1961, 1966) demuestran que, independientemente del pH, ninguna combinación donde el producto de sus contenidos de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  expresados en  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  sea igual o mayor de 60 es una solución nutritiva verdadera, pues habrá precipitación de  $\text{CaSO}_4$ . Además, aquellas soluciones donde el producto de sus contenidos de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$  también expresados en  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  sea igual o mayor a 2,2 tampoco serán verdaderas, pues habrá precipitación de  $\text{CaHPO}_4$ , en este caso con dependencia del pH (Steiner, 1961, 1966; De Rijck y Schrevens, 1997). Cabe aclarar que éstas «reglas» no corresponden estrictamente al concepto químico de producto de solubilidad. Cuando se realizan estudios con soluciones nutritivas en las cuales se forman precipitados, principalmente los mencionados, la

interpretación que se da a los resultados resulta irreal, ya que los iones que constituyen dichos precipitados no están disponibles para ser absorbidos por la planta y, además, se alteran las características químicas de la solución nutritiva antes señaladas.

La metodología propuesta por Steiner (1966) para formular soluciones nutritivas, implica modificar las proporciones relativas de aniones, las de cationes y las interacciones de ambas. En la misma forma en que Steiner (1966) propuso el manejo de las proporciones relativas  $\text{NO}_3^-$ : aniones y  $\text{K}^+$ : cationes, es también factible formular soluciones nutritivas con distintas relaciones  $\text{NO}_3^-$ : aniones y  $\text{NH}_4^+$ : cationes (Steiner, 1984).

En la Tabla V se muestra un ejemplo acerca de las proporciones porcentuales de las relaciones  $\text{NO}_3^-$ : aniones y  $\text{NH}_4^+$ : cationes en las soluciones nutritivas. En principio, se propone añadir  $\text{N-NH}_4^+$  al  $\text{N-NO}_3^-$  propio de la solución nutritiva de Steiner, puesto que ésta se considera universal y por lo tanto la hipótesis es que cubra las necesidades de  $\text{N}_2$  de cualquier cultivo. Sin embargo, para verificar esta hipótesis se consideran también concentraciones de  $\text{N-NO}_3^-$  menores o mayores a la de dicha solución. En la solución Steiner la relación de aniones en % de  $\text{mmolc}\cdot\text{L}^{-1}$  es  $60:5:35 = \text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{SO}_4^{2-}$  y a dicha relación se le aumenta y disminuye la concentración de  $\text{NO}_3^-$  en 10 %, en la forma indicada en la Figura 1. Las tres relaciones resultantes se combinan con tres relaciones de cationes provenientes de modificar la relación original de cationes de la solución Steiner, de  $35:45:20 = \text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ , a la que se le añade  $\text{NH}_4^+$  en tres concentraciones, de 0, 10 y 20, en % de  $\text{mmolc}\cdot\text{L}^{-1}$  en la misma forma en que se modificó el  $\text{K}^+$  en la Figura 2. Las 9 soluciones nutritivas obtenidas integran un diseño factorial completo de tratamientos, que permite determinar el efecto del  $\text{N-NO}_3^-$ , el del  $\text{N-NH}_4^+$  y el de la interacción entre ambos, en las variables respuesta que se evalúen, tales como rendimiento, materia seca, concentración de nutrimentos, etc.

En la Tabla VI se presenta la composición química de las 9 soluciones nutritivas de la Tabla V, una vez que fueron calculadas y ajustadas a un potencial osmótico de 0,072 MPa. De acuerdo con Steiner (1984) al multiplicar la suma total de los nutrimentos de una solución, expresada en mM, por el factor 0,024 se obtiene la presión osmótica en atmósferas, misma que se transforma a potencial osmótico, mediante el factor 0,101. Cabe enfatizar que todas las soluciones nutritivas deben tener el mismo potencial osmótico y pH, para que la comparación entre ellas sea adecuada. También es necesario determinar experimentalmente, antes de establecer el experimento correspondiente para evaluar la respuesta de la planta en cuestión a las soluciones nutritivas integrantes de la propuesta, cuál es el potencial osmótico que deben tener dichas soluciones, y en el caso de que este resulte diferente al que se indicó en este ejemplo, hacer el cambio correspondiente. El potencial osmótico elegido para la propuesta (-0,072MPa) es, probablemente, el que ha resultado ventajoso para la mayoría de los cultivos que se establecen en el ciclo de primavera-verano en las regiones de clima templado.

TABLA V

PROPORCIONES PORCENTUALES ENTRE LOS IONES DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS PROPUESTAS

| Tratamiento              | Iones y concentraciones      |   |                               |           |                |                  |                  |                              |            |
|--------------------------|------------------------------|---|-------------------------------|-----------|----------------|------------------|------------------|------------------------------|------------|
|                          | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Σ aniones | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Σ cationes |
| % mmolc· L <sup>-1</sup> |                              |   |                               |           |                |                  |                  |                              |            |
| 1                        | 50,00                        | 6,25  | 43,75                         | 100       | 35,00          | 45,00            | 20,00            | 0,00                         | 100        |
| 2                        | 60,00                        | 5,00  | 35,00                         | 100       | 35,00          | 45,00            | 20,00            | 0,00                         | 100        |
| 3                        | 70,00                        | 3,75  | 26,25                         | 100       | 35,00          | 45,00            | 20,00            | 0,00                         | 100        |
| 4                        | 50,00                        | 6,25  | 43,75                         | 100       | 31,50          | 40,50            | 18,00            | 10,00                        | 100        |
| 5                        | 60,00                        | 5,00  | 35,00                         | 100       | 31,50          | 40,50            | 18,00            | 10,00                        | 100        |
| 6                        | 70,00                        | 3,75  | 26,25                         | 100       | 31,50          | 40,50            | 18,00            | 10,00                        | 100        |
| 7                        | 50,00                        | 6,25  | 43,75                         | 100       |                | 36,00            | 16,00            | 20,00                        | 100        |
| 8                        | 60,00                        | 5,00  | 35,00                         | 100       | 28,00          | 36,00            | 16,00            | 20,00                        | 100        |
| 9                        | 70,00                        | 3,75  | 26,25                         | 100       | 28,00          | 36,00            | 16,00            | 20,00                        | 100        |

Los tratamientos integrantes de la propuesta constituyen un diseño factorial completo resultante de todas las combinaciones de los factores en la relación NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>:SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = 60:5:35, en % de mmol-carga·L<sup>-1</sup>), con la relación NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:K<sup>+</sup>:Ca<sup>2+</sup>:Mg<sup>2+</sup> = NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:35:45:20, en % de mmol-carga·L<sup>-1</sup>). En la primera, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>= -10, 0 y +10, en la segunda, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>= 0, 10 y 20.

TABLA VI  
COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CONCENTRACIÓN DE LAS SOLUCIONES  
NUTRITIVAS PROPUESTAS

| Trata-<br>miento | Iones y concentraciones      |   |                               |                                     |                |                  |                  |                              |          |        |
|------------------|------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------------|----------------|------------------|------------------|------------------------------|----------|--------|
|                  | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Σ                                   | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Σ        | PO     |
|                  | aniones                      |   |                               |                                     | %              |                  |                  |                              | cationes |        |
|                  |                              |   |                               | mmol <sub>c</sub> · L <sup>-1</sup> |                |                  |                  | MPa                          |          |        |
| 1                | 10,3004                      | 1,2876                                      | 9,0129                        | 20,6009                             | 7,2103         | 9,2704           | 4,1202           | 0,0000                       | 20,6009  | -0,072 |
| 2                | 12,0000                      | 1,0000                                      | 7,0000                        | 20,0000                             | 7,0000         | 9,0000           | 4,0000           | 0,0000                       | 20,0000  | -0,072 |
| 3                | 13,6032                      | 0,7287                                      | 5,1012                        | 19,4331                             | 6,8016         | 8,7449           | 3,8866           | 0,0000                       | 19,4331  | -0,072 |
| 4                | 10,0756                      | 1,2594                                      | 8,8161                        | 20,1511                             | 6,3476         | 8,1612           | 3,6272           | 2,0151                       | 20,1511  | -0,072 |
| 5                | 11,7455                      | 0,9788                                      | 6,8515                        | 19,5758                             | 6,1664         | 7,9282           | 3,5237           | 1,9576                       | 19,5759  | -0,072 |
| 6                | 13,3228                      | 0,7137                                      | 4,9960                        | 19,0325                             | 5,9952         | 7,7082           | 3,4259           | 1,9033                       | 19,0326  | -0,072 |
| 7                | 9,8603                       | 1,2325                                      | 8,6278                        | 19,7206                             | 5,5218         | 7,0994           | 3,1553           | 3,9441                       | 19,7206  | -0,072 |
| 8                | 11,5016                      | 0,9585                                      | 6,7093                        | 19,1694                             | 5,3674         | 6,9010           | 3,0671           | 3,8339                       | 19,1694  | -0,072 |
| 9                | 13,0536                      | 0,6993                                      | 4,8951                        | 18,6480                             | 5,2214         | 6,7133           | 2,9837           | 3,7296                       | 18,6480  | -0,072 |

PO: potencial osmótico.

Nota: De Rick y Schrevens (1997) señalan que incrementos de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en la solución nutritiva no afectan el pH.

Los tratamientos integrantes de la propuesta están diseñados con el propósito de que estadísticamente, la respuesta óptima de la planta, particularmente en su rendimiento, tanto para el efecto principal del N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> como para el de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, se manifieste entre las concentraciones correspondientes de los tratamientos en estudio. Lo ideal sería que dicha respuesta coincida con la concentración intermedia correspondiente. En estas condiciones, si de acuerdo con los resultados se obtuvo que estadísticamente fue significativo el efecto principal de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, que el mayor rendimiento correspondió a la concentración media de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y que fue estadísticamente mayor al obtenido con la concentración menor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, la implicación correspondiente es que se determinó la concentración óptima de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de la solución nutritiva. En forma similar, las mismas consideraciones se harían para la respuesta a las concentraciones de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de la solución nutritiva. En el caso de que se manifieste estadísticamente significativa la interacción entre ambos factores principales, podría implicar que la respuesta de la planta difiere de las implicaciones derivadas solamente de los efectos principales.

Es necesario señalar que el tipo de planta también debe ser tomado en cuenta en estos experimentos. Por ejemplo, con plantas que demandan mayores concentraciones de N<sub>2</sub> que el promedio, se requerirá aumentar su nivel y las

diferencias correspondientes entre tratamientos adyacentes. La separación de las respuestas entre los efectos principales y su interacción puede ser de gran utilidad en la interpretación de fenómenos o mecanismos que tienen lugar en estudios de nutrición y fisiología vegetal. Por otra parte, la propuesta en cuestión tiene la desventaja de requerir un mayor número de tratamientos con respecto a los estudios habituales de la relación  $N-NO_3^-:N-NH_4^+$ .

## Conclusiones

En la revisión y análisis de los estudios realizados sobre la respuesta de las plantas a las relaciones  $N-NH_4^+/N-NO_3^-$  se encontró en todos los casos, que los tratamientos para investigar los efectos de las formas químicas:  $N-NH_4^+$  y/o  $N-NO_3^-$  no permiten hacer inferencias reales sobre el efecto directo de cada una de las formas nitrogenadas en las variables respuesta, ni tampoco acerca de la interacción de ambas formas. Además, no se tuvo cuidado de que todas las presiones osmóticas de las soluciones nutritivas fueran similares.

Con base en la metodología propuesta por Steiner, fundamentada en el estudio de las relaciones verdaderas generadas con cationes y aniones ( $NH_4^+:K^+Ca^{2+}Mg^{2+}NH_4^+$  y  $NO_3^-:H_2PO_4^-SO_4^{2-}NO_3^-$ ) se planteó un ejemplo de un conjunto de soluciones nutritivas en un arreglo estructural de diseño factorial completo, que permite determinar mediante las variables respuesta, los efectos directos e interacciones de dichas formas químicas del nitrógeno, cuidando además que todas las soluciones presenten igual presión osmótica y pH.

## REFERENCIAS

Anghinoni Magalhães JR, Barber SA (1988) Enzyme Activity, Nitrogen Uptake and Corn Growth as Affected by Ammonium Concentration in Soil Solution. *J. Plant Nutr.* 11: 131-144.

Asher CJ, Edwards DG (1983) Modern solution culture techniques. En Pirson A, Zimmermand MH (Eds). *Encyclopedia of Plant Physiology*. Vol. 15-A. pp 94-119.

Arnozis PA, Barneix AJ (1989) PEPCarboxylase Activity During Ammonium-Assimilation in Wheat Plants. *J. Plant Nutr.*, 12(1): 85-94.

Barber KLI, Pierzynski GM, Vanderlip RL (1994) Ammonium/nitrate Ratio Effects on Dry Matter Partitioning and Radiation Use Efficiency of Corn. *J. Plant Nutr.* 17: 869-882.

Bugarin MR, Baca CGA, Martínez HJ, Tirado TJL, Martínez GA (1998) Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. I. Crecimiento y floración. *Terra* 16: 113-124.

Cao W, Tibbitts TW (1993) Study of Various NH<sub>4</sub>/NO<sub>3</sub> Mixtures for Enhancing Growth of Potatoes. *J. Plant Nutr.* 16: 1691-1704.

Cao W, Tibbitts TW (1994) Responses of Potatoes to Solution pH Levels with Different Forms of Nitrogen. *J. Plant Nutr.* 17: 109-126.

Cao W, Tibbitts TW (1998) Response of Potatoes to Nitrogen Concentrations Differ with Nitrogen Forms. *J. Plant Nutr.* 21: 615-623.

Coic Y (1973) Les problèmes de composition et de concentration des solutions nutritives en culture sans sol. En *Proc. 3rd Int. Cong. Soilless Cult.* Sassari, Italy. pp.: 158-164.

De Rijck G, Schrevens E (1997) pH Influenced by the Elemental Composition of Nutrient Solutions. *J. Plant Nutr.* 20: 911-923.

De Rijck G, Schrevens E (1998a) Cation Speciation in Nutrient Solutions as a Function of pH. *J. Plant Nutr.* 21: 861- 870.

De Rijck G, Schrevens E (1998b) Comparison of the Mineral Composition of Twelve Standard Nutrient Solutions. *J. Plant Nutr.* 21: 2115-2125.

De Rijck G, Schrevens E (1999) Anion Speciation in Nutrient Solutions as a Function of pH. *J. Plant Nutr.* 22: 269- 279.

Fenn LB, Taylor RM, Burks CM (1993) Influence of Plant Age on Calcium Stimulated Ammonium Absorption by Radish and Onion. *J. Plant Nutr.* 16: 1161-1177.

Flores RJS (1999) *Concentración total de sales y de magnesio en el cultivo hidropónico del rosal.* Tesis. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 222 pp.

Griffith SM, Streeter DJ (1994) Nitrate and Ammonium Nutrition in Ryegrass: Changes in Growth and Chemical Composition under Hydroponic Conditions. *J. Plant Nutr.* 17: 71-81.

Hammer PA, Tibbitts TW, Langhans RW, MacFarlane JC (1978) Baseline growth studies of Grand Rapids lettuce in controlled environments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 649-655.

Kafkafi U, Ganmore-Neumann R (1997) Ammonium in Plant Tissue: Real or Artifact? *J. Plant Nutr.* 20: 107-118.

Magalhães JR, Huber DM (1989) Maize Growth and Ammonium Assimilation Enzyme Activity in Response to Nitrogen Forms and pH Control. *J. Plant Nutr.* 12: 985-996.

Marschner H (1995) *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2a ed. Academic Press. San Diego, CA, EEUU. 889 pp.

Martínez BN (1999) *Estudio nutrimental de Alstroemeria híbrida en hidroponía*. Tesis. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 106 pp.

Martínez V, Cerdá A (1989) Influence of N Source on Rate of Cl, N, Na and K Uptake by Cucumber Seedlings Grown in Saline Condition. *J. Plant Nutr.* 12: 971-983.

Merhaut DJ, Darnell RL (1995) Ammonium and Nitrate Accumulation in Containerized Southern Highbush Blueberry Plants. *Hortscience* 30:1378-1381.

Parchomchuk P, Neilsen GH, Hogue EJ (1993) Effects of Drip Fertigation of NH<sub>4</sub>-N and P on Soil pH and Cation Leaching. *Can. J. Soil Sci.* 73: 157-164.

Preciado RP (2001) *Fertigación nitrogenada, fosfórica y programa de riego en la producción del cultivo de melón*. Tesis. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 99 pp.

Rideout JW, Raper CD Jr (1994) Dry Matter and Nitrogen Accumulation Are not Affected by Superoptimal Concentration of Ammonium in Flowing Solution Culture with pH Control. *J. Plant Nutr.* 17: 219-228.

Sandoval VM, Tirado TJL, Baca CGA, Santizo RJA (1994) Amonio y carbonato de calcio para la substitución parcial de nitrato en condiciones hidropónicas en trigo. *Terra* 12:283-288.

Sandoval VM, Alcantar GG, Tirado TJL (1995) Use of Ammonium in Nutrient Solutions. *J. Plant Nutr.* 18: 1449-1457. Segal BG (1989) *Chemistry: Experiment and Theory*. Wiley. Nueva York, EEUU. 1008 pp.

Smith GS, Johnston CM, Cornforth IS (1983) Comparison of Nutrient Solutions for Growth of Plants in Sand Culture. *New Phytol.* 94: 537-548.

Steiner AA (1961) A Universal Method for Preparing Nutrient Solutions of a Certain Desired composition. *Plant Soil.* 15: 134-154.

Steiner AA (1966) The Influence of the Chemical Composition of a Nutrient Solution on the Production of Tomato Plants. *Plant Soil.* 24: 434-466

Steiner AA (1966) The Influence of the Chemical Composition of a Nutrient Solution on the Production of Tomato Plants. *Plant Soil.* 24: 434-466.

Steiner AA (1968) Soilless culture. En *Proc. 6th Colloq. Int. Potash Inst.* Florence, Italy. pp. 324-341.

Steiner, AA (1969) The principal differences between culture with and without soil. ISOSC Proceeding. Int. Congr. Soilless Cult. 81-90.

Steiner AA (1973) The Selective Capacity of Tomato Plants for Ions in a Nutrient Solution. En *Proc. 3rd Int. Cong. Soilless Cult.* Sassari, Italy. pp. 43-54.

Steiner AA (1980) The Selective Capacity of Plants for Ions and its Importance for the Composition and Treatment of the Nutrient Solution. En *Proc. 5th Int. Cong. Soilless Cult.* Wageningen, Holanda. pp. 83-94.

Steiner AA (1984) The Universal Nutrient Solution. En *Proc 6th Int. Cong. Soilless Cult.* pp. 633-649.

Van Labeke MC, Dambre P, Schrevens E, De Rijck G (1995) Optimisation of the Nutrient Solution for *Eustoma glandiflorum* in Soilless Culture. *Acta Horticult.* 401: 401-408.

Xie RJ, O'halloran IP, Mackenzie AF, Fyles JW (1993) Phosphate Sorption and Desorption as Affected by Addition Sequences of Ammonium Lignosulphonate and Diammonium Phosphate in a Clay Soil. *Can. J. Soil Sci.* 73: 275-285.

## FORMULATION OF NUTRIENT SOLUTIONS FOR PLANT NUTRITION STUDIES. A PROPOSAL

Ma. De Jesús Juárez Hernández, Gustavo A. Baca Castillo, Lorenzo A. Aceves Navarro, Prometeo Sánchez García, Juan Luis Tirado Torres, Jaime Sahagún Castellanos and María Teresa Colinas León

### SUMMARY

*Several studies in plant nutrition have been done in the past using nutrient formulations. In order to evaluate the effect of one or more nutrients on crop growth, development, yield, quality product as well as nutrient uptake, numerous studies have been carried out, without there being a generally accepted technique for this purpose. Commonly, the main nutrient concentration (anion or cation) is modified, whereas the other nutrients remain at a constant level. Nutrient solutions containing  $N-NH_4^+$  and  $N-NO_3^-$  are good examples of solutions with parallel changes on the anion and cation nutrient. A number of papers with systematic studies on the chemical characteristics of nutrient solutions and their effect on crops has been analyzed regarding the use of  $N-NH_4^+$  and/or  $N-NO_3^-$ . These studies did not allow to conclude either about the  $N-NH_4^+$  or  $N-NO_3^-$  direct effect or on their interaction. A nutrient solution formulation is herein proposed which, according to its factorial design structure based on the combinations of  $NH_4^+$  cations groups with others of similar characteristics of  $NO_3^-$  anions, permits the elaboration of several nutrient solutions (treatments). The treatments allow the direct evaluation of  $N-NH_4^+$  and  $N-NO_3^-$  effects as well as their interaction, without interference of nutrient solution osmotic pressure or pH.*

## PROPOSTA PARA A FORMULAÇÃO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS EM ESTUDOS DE NUTRIÇÃO VEGETAL

Ma. De Jesús Juárez Hernández, Gustavo A. Baca Castillo, Lorenzo A. Aceves Navarro, Prometeo Sánchez García, Juan Luis Tirado Torres, Jaime Sahagún Castellanos e María Teresa Colinas De León

### RESUMO

*Para avaliar o efeito de um ou mais nutrientes das soluções nutritivas no crescimento, desenvolvimento, rendimento, qualidade do produto e absorção dos nutrientes pelos cultivos tem-se realizado numerosas investigações, sem que exista uma técnica com aceitação geral. O mais comum é que se modifique a concentração do nutriente em questão (ânion ou cátion) e, no melhor dos casos, se controle que os nutrientes restantes mantenham uma concentração constante. O uso de soluções nutritivas que contêm  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-$  são um bom exemplo de soluções com mudanças simultâneas nos nutrientes do tipo ânion e cátion. Por outra parte, baseado em alguns estudos sistemáticos acerca das características químicas das soluções nutritivas, e como estas afetam por sua vez ditas características dos cultivos, se analisou um número de estudos acerca do uso do  $N-NH_4^+$  e/ou do  $N-NO_3^-$ . Encontrou-se que ditos estudos não permitem fazer inferências sobre os efeitos diretos do  $N-NH_4^+$ , ou do  $N-NO_3^-$ , assim como de sua interação. Propõe-se o emprego de soluções nutritivas que correspondam, por sua estrutura, ao desenho experimental fatorial completo; com combinações de soluções nutritivas (tratamentos) de um grupo de relações de concentração  $NH_4^+$ : cátions, com outro grupo de relações similares  $NO_3^-$ : ânions. Ditos tratamentos permitem avaliar os efeitos diretos do  $N-NH_4^+$  e o  $N-NO_3^-$  e de sua interação, sem interferências de outra índole (eg., pressão osmótica e pH da solução nutritiva).*

## I. INTRODUCCIÓN

México es un país que por la diversidad de climas que presenta posee un fuerte potencial de producción de cultivos ornamentales, además desde el punto de vista de mercado se ve favorecido por la cercanía con EUA y Canadá, países que demandan gran cantidad de plantas ornamentales y flores.

Después de los ochenta la floricultura comenzó a extenderse a algunos países de América Latina como Colombia, Ecuador y México, entre otros. En años posteriores, otras regiones del mundo se han ido incorporando al mercado mundial como ofertantes de flores de corte, tal es el caso de países de Asia como Israel, India o Japón o de Africa como Kenia, Marruecos, Costa de Marfil y Etiopía, esto debido a que son países en vías de desarrollo con climas no tan extremos como los del Hemisferio Norte, mano de obra barata y medidas ambientales menos estrictas (Claridades Agropecuarias, 2006).

Colombia dedica 5,900 ha de superficie al cultivo de flores y aporta el 60 % de las necesidades de EUA, mientras que México con 11,000 ha de flores aporta el 3 % de ese mercado. Las principales diferencias con países como Colombia o Ecuador son: a) el poco uso de tecnologías modernas ya que en México el 92 % de la producción se hace a cielo abierto y sólo el 8 % se hace en invernadero (Claridades Agropecuarias, 2006).

Según expertos, México puede llegar a ser un importante productor y exportador de plantas ornamentales y flores, dependiendo de la organización y de los programas de producción que se disponga y podría estar exportando anualmente 1000 millones de dólares para el año 2010 (Toledo, 1997).

En México se producen alrededor de 50 tipos diferentes de flores (rosas, gladiolas, claveles y crisantemos, representan el 56 % de la superficie cultivada y 89 % de la producción de flores) y esta producción se encuentra concentrada en la

parte central del territorio, resaltando el caso del Estado de México, como el más importante, y de éste, el municipio de Villa Guerrero, el cual se ha convertido en el principal productor nacional, donde se obtiene aproximadamente el 50 % de la producción nacional de flores (Claridades agropecuarias, 2006).

El *Lilium* (bajo esta denominación quedan comprendidas diversas especies del género) es una planta ornamental de bulbo que se cultiva como flor de corte, como planta para maceta y también es usada en jardinería.

De acuerdo con cifras otorgadas por la Federación de subastas holandesas (VBN), la importación de flores cortadas a Holanda en 2007 fue de 3,540.6 millones de tallos y la exportación de 3,375 millones, agregando que las flores cortadas más importantes en la venta de esta subasta fueron la rosa, crisantemo, tulipan, *lilium*, gerbera y *cymbidium*.

El Centro Internacional de Bulbos de Flor (s.f), indica que en los últimos años se ha podido observar un aumento considerable del *Lilium* destinado a flor de corte. En los países de clima subtropical este cultivo tiene una perspectiva de expansión considerable; este aumento se debe en gran parte al gran número de cultivares que el mercado ofrece, a la posibilidad de producción durante todo el año, a la calidad de los bulbos que ofrece el mercado y a los nuevos tipos de flores, unido todo ello a la creciente demanda por los consumidores, lo cual hace que este cultivo ofrezca un futuro muy importante dentro del campo de la flor cortada en dichos países.

En México la producción de *Lilium* es reciente (alrededor de 20-25 años), su producción más importante se encuentra en el municipio de Villa Guerrero, Edo. de México; para establecer áreas de cultivo los productores se abastecen de bulbos de Holanda, país exportador en grandes cantidades de este material a diversas partes del mundo. De la producción obtenida una parte es exportada a EE.UU. principalmente y el resto es para consumo nacional.

La Asociación de Productores de Villa Guerrero menciona que el incremento de la producción de *Lilium* como flor de corte en nuestro país es impresionante, ya que sólo en esta zona el área cultivada con esta flor pasó de 380 m<sup>2</sup> en 1989 a 40 000 m<sup>2</sup> en 1992 (Villegas, 1994).

Actualmente el *Lilium* goza cada vez de mayor aceptación tanto en el mercado nacional como internacional, esto debido en gran parte a su belleza, diversidad de colores y su producción durante todo el año.

El cultivo de *Lilium* se practica a partir de la plantación de bulbos, y responde favorablemente a una fertilización adecuada (Bañón *et al.*, 1993).

La planta de *Lilium* desarrollada en condiciones ambientales y nutrimentales óptimas tendrá un bulbo de mayor tamaño, aumentando la longitud y calidad floral. Este incremento en rendimiento se acentúa con el uso de sistemas de producción intensivos como la hidroponía y de invernaderos apropiados, donde se tiene una eficiente absorción de nutrimentos y aprovechamiento de luz solar.

Por la fuerte inversión que implica la instalación y operación de invernaderos en unión con un sistema hidropónico, la rentabilidad económica se restringe a cultivos de alto valor comercial y a un manejo eficiente del espacio y del tiempo para alcanzar la máxima productividad, entendida ésta como el rendimiento por unidad de superficie y por unidad de tiempo kg m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> (esto para determinados cultivos); el uso de estos sistemas permite reducir al mínimo las restricciones de clima, agua y nutrimentos, además permite lograr un eficiente control de plagas y enfermedades así como mayores densidades de plantación por unidad de superficie (Sánchez del Castillo, 1997).

Para un óptimo desarrollo de la planta de *Lilium* es necesario un buen abastecimiento de nutrimentos, en ello los macroelementos juegan un papel

importante. Con respecto al nitrógeno se ha encontrado que la adición de  $\text{N-NH}_4^+$  a una solución nutritiva que contenga  $\text{N-NO}_3^-$  hace máxima la eficiencia de absorción de N y promueve mejor crecimiento cuando las condiciones son favorables (Elliot y Nelson, 1983).

La estimulación del crecimiento por la adición de  $\text{N-NH}_4^+$  a una solución con  $\text{N-NO}_3^-$  puede explicarse por un aumento en el suministro de N orgánico translocado desde las raíces a los brotes vegetativos (Elliot y Nelson, 1983).

La forma  $\text{N-NH}_4^+$  resulta tóxica para varios cultivos, incluso en bajas concentraciones, ya sea cuando es la única fuente de nitrógeno o en combinación con  $\text{N-NO}_3^-$  (Salsac et al., 1987). La toxicidad por amonio se ha atribuido a la acidificación de la zona radical (Maynard *et al.*, 1968), la disminución en la absorción de cationes (Kirkby y Mengel, 1967) o a la acumulación en los tejidos vegetales de cantidades tóxicas de  $\text{N-NH}_4^+$  no asimilado.

Las plantas requieren desintoxicar la entrada de  $\text{N-NH}_4^+$  mediante la asimilación en componentes orgánicos y este proceso requiere un suministro de carbohidratos a la raíz, provenientes de la parte aérea, que aporte esqueletos carbonados para la asimilación de  $\text{N-NH}_4^+$  (Lips *et al.*, 1990). Cabe enfatizar que estos procesos se realizan durante el proceso de fotosíntesis, es decir, un abastecimiento de luz adecuado es benéfico para la asimilación de componentes orgánicos.

Steiner (1969), con respecto al ambiente donde se desarrollan las plantas menciona que una misma planta reacciona de distinta manera cuando es cultivada con o sin suelo (hidroponía) y que las plantas cultivadas en hidroponía necesitan menos luz y temperaturas más bajas que cuando se cultivan en suelo para la misma producción; Steiner (1969,1984), indica que el factor más importante para las plantas cultivadas en hidroponía es la concentración total de iones expresados en presión osmótica de la solución nutritiva, la cual determina fuertemente el

crecimiento, desarrollo y producción; generalmente la presión osmótica tiene que ser mayor en términos generales en invierno y menor en verano.

El *Lilium* es un cultivo de día largo, literalmente se le conoce como “hijo del sol”, para una buena floración se necesita intensidad luminosa alta, particularmente si es forzado durante los meses de invierno. La limitación impuesta al cultivo por baja intensidad luminosa se traduce en una disminución del rendimiento y de la calidad de la flor, cuyo efecto se acentúa en presencia de elevadas temperaturas, repercutiendo en una abscisión y aborto del botón floral (Bañón *et al.*, 1993; Armitage *et al.*, 1993).

Como puede apreciarse en lo expuesto anteriormente, la intensidad luminosa determina en cierta manera la presión osmótica de una solución nutritiva, a la vez una presión osmótica baja disminuye la absorción de P, lo cual puede generar problemas al cultivo.

De esta afirmación se desprende la importancia de investigar para cada cultivo específico, en este caso particular de *Lilium*, la interacción que presentan diferentes concentraciones de  $\text{N-NH}_4^+$  y  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva, así como diferentes presiones osmóticas todo ello en un sistema de producción intensivo bajo invernadero.

## II. OBJETIVO E HIPÓTESIS

### 2.1 Objetivo general

El presente estudio plantea el siguiente objetivo:

Determinar la respuesta óptima de *Lilium* híbrido Asiático bajo cultivo hidropónico en el rendimiento, desarrollo y la calidad de la flor en función de los factores: relación de  $\text{N-NH}_4^+$ -cationes, relación  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ -aniones y potencial osmótico de la solución nutritiva y a la vez establecer por medio del análisis foliar las causas de dichas respuestas.

### 2.2 Hipótesis

En este trabajo de investigación se plantea la siguiente hipótesis:

En el sistema hidropónico propuesto en el espacio tridimensional de respuesta a los factores de estudio se encuentran los puntos que maximizan las variables en estudio de rendimiento, desarrollo, calidad de la flor y absorción nutrimental.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Cultivo de *Lilium*

##### 3.1.1. Importancia comercial

Las subastas holandesas pueden ser usadas como un indicador de las principales especies de flores cortadas vendidas en la Unión Europea.

Las 10 principales especies florales vendidas durante el año 1995, en las subasta holandesas muestran el siguiente orden: rosa, crisantemo, tulipanes, dianthus, fresia, gerbera, liliium, alstroemeria, iris y narcisos. El *Lilium* durante este año registró 313, 925,000 tallos [Federación de subastas holandesas (VBN)], este cultivo se ha incrementado año con año, como lo muestran las estadísticas de las flores subastadas en mercados de Holanda. La rosa representa el 41.57 % y el *Lilium* el 9.36 % del total de flores de corte vendidas durante el año 2005 (Claridades agropecuarias, 2006).

Del total de flores que produce Holanda las que tienen mayor volumen de comercialización, tanto en el mercado interno como en el externo son la rosa, el crisantemo y el tulipán, seguido por una amplia gama de otras variedades.

En Estados Unidos, la mayor parte de la producción de flores de corte se obtiene en los estados de California, Florida, Washington, Hawaii y Oregón, quienes en conjunto producen y comercializan más del 80 % de flores de corte que se producen en ese país.

Sin embargo, de este universo de flores, las más comunes son las lilies y las rosas, donde la producción y el volumen comercializado representa cerca del

30 % del total, aportando el *Lilium* el 15.6 % de esta producción durante el año 2004.

En México, la producción más importante de *Lilium* se encuentra en el Estado de México donde para el año 2004 se cultivaron 56 hectáreas, las cuales aportaron una producción de 186,024 toneladas, ubicándose la mayor producción de este cultivo en el municipio de Texcoco (SIAP/SAGARPA, 2004).

Leonard *et al* (1998) investigaron un total de 25 cultivares y cinco líneas de *Lilium* híbrido Oriental y Asiático, las cuales fueron evaluados para el forzamiento en macetas como plantas de interior durante 1995-1997 en Carolina del Norte, USA. La calidad, el crecimiento, la floración y la incidencia de desórdenes fisiológicos (aborto de la yema floral, abscisión floral, abscisión de la hoja, cambio del color de las hojas a marrón, chamuscado de la hoja, quemadura de la hoja por sol, daños por refrigeración) fueron determinados para cada cultivar. Los cultivares fueron valorados como pobre, regular, bueno o excelente. Los híbridos Orientales, Mona Lisa y Star Gazer fueron los mejores (buenos); 13 híbridos Asiáticos fueron clasificados como los mejores (buenos o excelentes) y nueve Asiáticos fueron clasificados como pobres.

### **3.1.2 Generalidades del cultivo de *Lilium* híbrido**

Armitage (1993), menciona que el *Lilium* es un género grande, que incluye muchas especies de los *Lilium* de jardín, también los que se aprovechan como flor de corte. Muchos *Lilium* híbridos son forzados en el invernadero o bajo alguna otra forma de cubierta y se han convertido en importantes flores de corte en Europa y Norte América. Este mismo autor hace las siguientes consideraciones sobre su cultivo:

### **3.1.2.1 Propagación**

Todos los bulbos que se usan para flores de corte se producen en Holanda o en el noroeste de Estados Unidos. Los investigadores del mejoramiento del *Lilium* lo propagan por escama, por pequeños bulbos o por semilla.

### **3.1.2.2 Cultivo**

A los bulbos se les debe dar un remojo previo a la plantación de 10 a 20 minutos, en una solución de fungicidas para evitar la pudrición de raíz. Después del tratamiento se plantan inmediatamente en el campo o en el invernadero. Si los bulbos deben ser almacenados, no se almacenan más de 10 días de 0-2 °C.

### **3.1.2.3 Factores ambientales**

#### **3.1.2.3.1 Temperatura.**

Todos los *Lilium* requieren temperaturas frías para la floración. Los bulbos de *Lilium* cosechados a fines de verano y otoño son pre-enfriados a 2 °C por 6-8 semanas en turba húmeda (peat moss). Para plantaciones tardías los bulbos pueden ser congelados a -1 °C después de ser pre-enfriados. Después de la plantación las temperaturas calientes provocan un retardo en el forzamiento.

#### **3.1.2.3.2 Luz**

Los *Lilium* necesitan intensidad de luz alta alrededor de 3500 lux para una mejor floración, particularmente si son forzados en el invernadero durante los meses de invierno. La luz baja resulta en aborto de la yema floral y la abscisión de la misma.

### 3.1.2.3.3 Fotoperiodo

En Easter lily (*Lilium longiflorum*), la aplicación de día largo puede sustituir el requerimiento de frío. La misma relación puede ser aplicable con la mayoría de las especies bulbosas (Rees, 1985).

### 3.1.2.4 Manejo en campo

#### 3.1.2.4.1 Tamaño de bulbo

Los bulbos de tamaño grande son preferidos con respecto a los bulbos más pequeños, se presentan diferencias en tamaño entre especies y cultivares. Los bulbos de 10/12 cm a 20/22 de calibre son usados para la producción.

#### 3.1.2.4.2 Espaciamiento

El espaciamiento entre bulbos es de 10 a 15 cm, a una profundidad de 15 cm bajo la superficie del suelo. El espaciamiento depende del calibre del bulbo.

#### 3.1.2.4.3 Época de plantación

Los *Lilium* son generalmente plantados en el otoño aunque los bulbos pre-enfriados pueden ser plantados en la primavera en zonas de poco frío.

### 3.1.2.5 Manejo en invernadero

Los bulbos que se usan para el forzamiento en invernadero deben recibir por lo menos seis semanas de tratamiento frío a 2 °C (*Lilium* híbrido Asiático) y ocho semanas (*Lilium* híbrido Oriental), colocando los bulbos en un sustrato húmedo. Para el forzamiento tardío y floración de todo el año, los bulbos deben

ser congelados a  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  después de haber sido pre-enfriados por 6-8 semanas (De Hertogh, 1989). Las temperaturas no deben bajar de  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Una vez adquiridos los bulbos, deben plantarse inmediatamente en camas de cultivo esterilizadas, en un medio de cultivo bien drenado sin superfosfato o perlita, con un pH de 6.8-7.0. Los bulbos se plantan con cinco centímetros del medio de cultivo por encima de este. El espaciamiento de los bulbos grandes de *Lilium* híbrido Oriental (22.5 cm de circunferencia y más grandes) se colocan 15-17.5 cm de separación; el de los pequeños (17.5-10.0 cm de circunferencia) se plantan a 12.5-15.0 cm de separación. Los bulbos de *Lilium* híbrido Asiático deben ser espaciados de 11.5 a 15 cm si tienen de 17.5 a 20 cm de circunferencia, en cambio si tienen de 10 -12.5 cm de circunferencia, se plantan de 9-11.5 cm de separación. Se debe proporcionar mayor espacio entre bulbos cuando se cultiva en invierno.

La intensidad de luz alta es mejor para el forzamiento en invernadero y muchas veces es insuficiente durante el invierno. La luz complementaria es benéfica en regiones de baja intensidad. En condiciones de alta intensidad a finales de primavera y verano es recomendable el sombreado. Los cambios grandes en temperatura se deben evitar y las temperaturas de forzamiento de 13 a  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$  son las mejores y temperaturas arriba de  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  no son apropiadas para el cultivo. Durante las estaciones cálidas del año una cobertura de paja ayuda a bajar la temperatura del suelo.

Los *Lilium* Asiáticos requieren de 8-10 semanas en el invernadero y aproximadamente de 30 a 35 días para florecer después de ser visible el botón floral. Los *Lilium* Orientales necesitan de 12-15 semanas en el invernadero y aproximadamente de 50-55 días para la apertura floral a partir de que el botón es visible.

### **3.1.2.6 Corte de flor**

El corte de la flor se realiza cuando la flor primera está totalmente coloreada, pero aún no ha abierto ya que las flores abiertas se dañan fácilmente durante el transporte.

### **3.1.2.7 Desórdenes fisiológicos**

El acorchado de la hoja está asociado generalmente con la toxicidad del fluoruro. Este problema se reduce manteniendo el medio de cultivo libre de fluoruro y un pH cerca de 7.0. Puede ser útil asperjar los cultivares susceptibles a este problema con una solución al 1 % de cloruro de calcio hasta que los botones florales estén visibles. (De Hertog, 1989). Las flores ciegas y la abscisión de las flores son el resultado de las temperaturas altas y la intensidad de luz baja, respectivamente.

### **3.1.2.8 Plagas y enfermedades**

La pudrición de raíces es causada por diferentes hongos, incluyendo a *Fusarium* y *Cylindrocarpon*. Los bulbos deben ser mojados por fungicidas apropiados durante 10-30 minutos antes de la plantación. Combinaciones de fungicidas apropiados son descritas para estos problemas (De Hertog, 1989).

### **3.1.3 Factores de la producción**

MinWha *et al.* (2002) estudiaron el rompimiento del letargo de los bulbillos de *Lilium* híbrido Oriental cv. Casa Blanca producidos en un medio que contenía 9 % de sacarosa, fue terminado cuando se trataron a 5 °C por 12 semanas. La formación de brotes de los bulbillos que pesaban 1.5 a 2.0 g fue mayor del 80 % después de 12 semanas del tratamiento de frío. El alargamiento del bulbo fue más alto en CE de 2.0 dSm<sup>-1</sup> en nutricultura. Los contenidos minerales fueron más

altos en hojas que en bulbos. El contenido de nitrógeno y de calcio aumentó con el aumento de niveles de la CE, pero el incremento del contenido de fósforo, potasio y magnesio fue insignificante. Por otra parte el nivel de la CE no afectó los contenidos minerales en los bulbos. Los contenidos minerales en la escama media fueron más altos que en los bulbos hijos y escama exterior. Los bulbos que tenían 18 cm de circunferencia o más fueron producidos por arriba del 75 % por dos ciclos de cultivo en CE de  $2.0 \text{ dSm}^{-1}$ , cultivando los bulbillos que pesaban más de 1.01 g.

Treder (2001) en un estudio con plantas de lirio Oriental cv. Star Gazer cultivado en una mezcla de turba, corteza y arena, con dos niveles de luz, luz natural y luz natural + iluminación complementaria, con lámparas de alta presión (400 W), y tres niveles de fertirrigación, el testigo y fertilizante NPK (15:11:9) en 0.8 y  $1.6 \text{ g dm}^{-1}$ . La iluminación adicional incrementó significativamente la calidad de la flor, aumentó el área de la hoja y la producción de la materia seca, el florecimiento acelerado y redujo la caída de brotes. Las aplicaciones de NPK y la iluminación complementaria aumentaron la acumulación de los minerales ( $\text{NO}_3$ , P, K, Mg y Ca) en lirio. La acumulación más alta de K, Mg y P fue observada cuando las plantas fueron fertirrigadas con la concentración más alta de la solución nutritiva. La acumulación del Ca en las hojas no fue afectada por la nutrición, pero el vigor dependió de la luz. La acumulación de minerales en los tallos no fue afectada significativamente por la nutrición o el nivel de la luz.

Kawagishi y Miura (1996) investigaron cambios estacionales en la concentración de N, P, K, Ca y Mg en los cultivos de *Lilium* plantados en primavera, *Lilium leichtlinii* var. Maximowiczii cv. Hakugin. Las concentraciones de N y P en las partes aéreas fueron más altas después de la brotación en junio y luego declinaron hasta la cosecha. En el bulbo viejo, las concentraciones también disminuyeron en el estado de yema floral en julio. Sin embargo, los contenidos de N y P en cada planta, cambiaron poco entre la plantación y formación de yemas florales y se incrementaron rápidamente de ahí en adelante. Los contenidos de N

y P en las partes subterráneas fueron mayores que los de las partes aéreas en la cosecha. La concentración de K en las hojas y bulbos cambió ligeramente durante la estación de crecimiento, cambios estacionales del contenido de K en la planta siguió el mismo patrón del N y P. En la cosecha, el contenido nutrimental más alto por planta fue para el K. Las concentraciones de Ca en hoja y Mg en tallo (con base al peso seco por planta) se incrementaron con el crecimiento, especialmente después de la brotación. Las partes aéreas tuvieron más Ca y Mg que las partes subterráneas en la cosecha. La absorción anual por planta tuvo 1011 mg de K, alrededor de 500 mg para N y Ca y menos de 500 mg para P y Mg.

#### **3.1.4. Nutrición de *Lilium***

Choi *et al.* (2005) llevaron a cabo estudios en un invernadero para investigar el efecto de las concentraciones del Ca en la solución fertilizante en el crecimiento y absorción nutrimental del lirio Oriental (*Lilium longiflorum*) híbrido Casa Blanca. Los análisis del tejido fino y de suelo también fueron conducidos para estimar la condición nutritiva de elementos inorgánicos dando por resultado el decremento del crecimiento y cosecha. Los pesos frescos de flores cortadas en los tratamientos de la solución fertilizante de 0, 3.0 y 4.5 mM de Ca fueron 176.2, 187.0 y 200.9 g respectivamente. La elevación de concentraciones del Ca en la solución fertilizante a partir de 0 a 6.0 mM dio lugar al aumento de peso seco de flores cortadas. Sin embargo, concentraciones más altas del Ca que 6.0 mM dieron lugar a una disminución del peso seco. El contenido de Ca en el tejido fino en los tratamientos de 3.0, 4.5 y 6.0 mM fue de 2.8, 2.9 y 3.0 %, respectivamente, indicando que el contenido de Ca del tejido fino debe ser mayor de 2.8 % para producir las flores de corte de alta calidad. El uso de 0, 3.0, 4.5 y 6.0 mM de Ca en la solución fertilizante dio lugar a 189.9, 225.3, 337.9 y 285 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, de las concentraciones del Ca en el suelo después de la cosecha. Fue necesario mantener las concentraciones de Ca en la solución del suelo en más de 300 mg L<sup>-1</sup> en la etapa de cosecha para asegurar el aumento máximo.

Choi *et al.* (2004) estudiaron los efectos de las concentraciones de K (0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 mM) en la solución fertilizante en el crecimiento y absorción nutrimental en el lirio híbrido Oriental Casa Blanca. Los análisis de tejido y de suelo también fueron conducidos para investigar los elementos inorgánicos dando por resultado disminución del crecimiento. El peso seco de flores cortadas se incrementó conforme la concentración de K en la solución fertilizante aumentó a partir de 0 a 25 mM. El tratamiento con 25 mM de K dio por lugar al peso seco mayor, las concentraciones más altas de K redujeron la producción en masa seca. El aumento de la concentración de K en la solución fertilizante a partir de 0 a 25 mM aumentó la altura, el peso fresco, el diámetro del vástago y el vigor del vástago de flores cortadas. El contenido de K en el tejido bajó en los tratamientos de 15, 20 y 25 mM de K fue de 3.18, 3.82 y 3.81 %, respectivamente. El contenido de K en el tejido debe ser mayor de 3.5 % para producir flores de corte de alta calidad. El tratamiento con 25 mM de K dio lugar a una concentración del suelo de K  $142.9 \text{ mg L}^{-1}$  en la etapa de aparición del brote y  $218.7 \text{ mg L}^{-1}$  en la etapa de cosecha. Por lo tanto, mantener la concentración de K mayor de  $140 \text{ mg L}^{-1}$  en el suelo es necesario para producir flores de corte de alta calidad; el intervalo aceptable fue de 140 a  $250 \text{ mg L}^{-1}$  de K en la solución del suelo.

Haruki *et al.* (1996) analizaron la concentración de iones macro inorgánicos en el medio de cultivo con relación al crecimiento del bulbo en el cultivo líquido de bulbos de *Lilium japonicum*. Los iones inorgánicos,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$  y especialmente  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  fueron consumidos en grandes cantidades por los bulbos durante el cultivo, mientras que el consumo de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Ca}^{2+}$  fue muy lento. La concentración óptima de  $\text{NH}_4^+$  para el alargamiento de bulbo fue de 10-20 mM. El abastecimiento de  $\text{NO}_3^-$  sólo o mayor a 30 mM de  $\text{NH}_4^+$  como la fuente de N retardó el crecimiento del bulbo. La elongación de la raíz fue promovida por el abastecimiento de  $\text{NO}_3^-$  como la única fuente de N. El crecimiento de la raíz fue pobre en el medio que contenía una relación alta  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ . El abastecimiento de glutamina en vez de  $\text{NH}_4^+$  promovió el crecimiento de la raíz. Los bulbos enraizados *in vitro* brotaron en abundancia después de la plantación en el suelo.

Con base a los resultados mencionados, los bulbos deben ser cultivados primero en un medio que contenga  $\text{NH}_4^+$  para el alargamiento del bulbo y luego transferirlo a un medio libre de  $\text{NH}_4^+$  para el desarrollo de la raíz. Estos tratamientos dieron como resultado un buen crecimiento del brote después del trasplante, aunque la tasa de absorción de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  proveniente de un medio con una alta concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  fue más alta, que de un medio con una baja concentración, el alargamiento del bulbo no fue promovido. Una alta concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$  en el medio inhibió el crecimiento del bulbo.

Lian *et al.* (2002) investigaron el crecimiento y los cambios en la concentración de nutrimentos y de azúcares importantes en los bulbillos de *Lilium* cultivados *in vitro* usando un sistema (Balloon Type Bubble Bioreactor). Bulbillos de *Lilium* híbrido Oriental Casa blanca crecieron más rápidamente cuando el medio fue intercambiado con frecuencia por un nuevo medio en un biorreactor tipo burbuja (tipo inmersión). Bulbillos más pesados que 2.1 g fueron producidos cuando el medio fue substituido por un nuevo medio después de 2, 6 y 12 semanas de cultivo en biorreactor, con respecto a los cultivos donde el medio fresco fue agregado cada 2, 6 y 12 semanas. La absorción del azúcar y otros minerales indican que para el crecimiento óptimo del bulbillo, los altos niveles de la sacarosa son necesarios. Sin embargo, en el método de la adición, no era posible mantener el alto nivel de la sacarosa agregando medio fresco cada 2, 6 y 12 semanas. Aunque los altos niveles de la sacarosa se podrían mantener por el método del intercambio, la sacarosa provista fue hidrolizada rápidamente en la glucosa y la fructosa cuando el medio fue substituido por nuevo medio cada 2, 6 y 12 semanas del cultivo en el biorreactor. La absorción mineral fue selectiva. Durante el crecimiento de bulbillos, hubo un agotamiento rápido del  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , mientras que el consumo de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  y del  $\text{Cl}^-$  fue muy lento. Hubo también una caída rápida en el pH del medio después de la adición o intercambio del medio fresco durante el crecimiento del bulbillo. El cambio en el pH se puede atribuir a absorciones desiguales o a la excreción de iones  $\text{NO}_3^-$  y/o  $\text{NH}_4^+$ .

## **3.2 Hidroponía**

### **3.2.1 Definición de hidroponía**

El término “Cultivo sin suelo” o hidroponía, se refiere al desarrollo de las plantas no acuáticas, con sus raíces en un medio completamente inorgánico, donde las raíces son abastecidas con una “solución nutritiva”. Una solución nutritiva significa agua, que contiene oxígeno disuelto y todos los nutrientes para las raíces en una forma inorgánica completamente dissociada, con la excepción de algunos compuestos orgánicos específicos tales como quelatos como etilen diamino tetracético como un transportador del hierro y posiblemente para algunos otros microelementos.

### **3.2.2 El uso de la hidroponía**

La planta de *Lilium* desarrollada en condiciones ambientales y nutrimentales óptimas crecerá su bulbo de mayor tamaño, aumentando la longitud y calidad floral. Este incremento en rendimiento se acentúa con el uso de sistemas de producción intensivos como la hidroponía y de invernaderos apropiados, donde se tiene una eficiente absorción de nutrientes y aprovechamiento de luz solar.

Por la fuerte inversión que implica la instalación y operación de invernaderos en unión con un sistema hidropónico, la rentabilidad económica se restringe a cultivos de alto valor comercial y a un manejo eficiente del espacio y del tiempo para alcanzar la máxima productividad, entendida ésta como el rendimiento por unidad de superficie y por unidad de tiempo ( $\text{kg m}^{-2} \text{año}^{-1}$ ), esto para determinados cultivos; el uso de estos sistemas permite reducir al mínimo las restricciones de clima, agua y nutrientes, permite además lograr un eficiente control de plagas y enfermedades así como mayores densidades de plantación por unidad de superficie (Sánchez del Castillo, 1997).

Por otra parte Steiner (1968) menciona que el cultivo sin suelo o hidroponía es muy atractivo para regiones áridas por su economía de agua, o bien para aquellos lugares como son las áreas tropicales y subtropicales que no tienen buen suelo. Agrega que los cultivos sin suelo pueden representar una disponibilidad económica para la producción de verduras y flores, tanto en regiones templadas como áridas; sin embargo, los principios económicos no deben ser necesariamente el factor decisivo. Lo más importante puede ser la producción de verduras frescas y flores para consumo local en regiones áridas, aún cuando la importación pueda ser más económica, pero de inferior calidad, no fresca.

El mismo autor señala que los cultivos sin suelo pueden proporcionar a las regiones áridas un mejor medio de vida. Este es un punto difícil de definir, ya que su valor no puede ser expresado en dinero y ello sería difícil de defender en este mundo.

### **3.3 Características químicas de las soluciones nutritivas**

Steiner (1961) es autor del método universal Steiner para preparar una solución nutritiva de cierta composición deseada; este método plantea que la composición química de una solución nutritiva comprende: 1) las concentraciones de los iones componentes (relación mutua de cationes y relación mutua de aniones), 2) la concentración iónica total (presión osmótica) y 3) el pH.

Steiner (1984), elaboró una solución nutritiva universal, la cual se distingue por relaciones aniónicas y catiónicas particulares, concentración iónica total y un pH deseado. Las relaciones mutuas entre los aniones y los cationes, ambas en equivalentes son dadas como universales; esta solución ha sido probada en diferentes cultivos con éxito.

### **3.3.1 Presión osmótica**

La respuesta de las plantas en crecimiento y desarrollo a la solución nutritiva del cultivo hidropónico depende de varios factores, el más importante de estos es la concentración total de iones expresada como la presión osmótica de la solución nutritiva (Steiner, 1966).

La presión osmótica es una propiedad fisicoquímica de las soluciones, la cual depende de la cantidad de partículas o solutos disueltos (Segal, 1989).

Un aumento de la presión osmótica debido al incremento en el contenido de nutrimentos o de otros iones en la solución nutritiva provoca que la planta efectúe mayor esfuerzo para absorber agua y algunos nutrimentos (Asher y Edwards, 1983; Marschner, 1995) y por consiguiente un desgaste de energía metabólica.

### **3.3.2 Relación mutua de aniones y relación mutua de cationes**

Steiner (1961) menciona que experimentos con cultivos en los cuales la solución nutritiva fresca fue añadida continuamente a las plantas, mostraron que los iones individuales son absorbidos aún en concentraciones muy bajas, pero es probable que para cada planta exista una cierta concentración mínima, abajo de la cual la absorción no es más alta en una velocidad requerida.

En el otro extremo de concentración, el consumo excesivo puede conducir a una toxicidad interna. El punto de discusión es la existencia de una concentración óptima de cierto cultivo bajo condiciones ambientales dadas, o sea que sus proporciones relativas y no sus concentraciones absolutas son los factores determinantes. Es decir, que si las concentraciones absolutas son consideradas ser factores determinantes, las proporciones relativas de los diferentes iones pueden ser consideradas si la concentración iónica total está incluida.

Steiner (1961) estableció el concepto de relación mutua entre los aniones  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{SO}_4^{=}$ , y entre los cationes  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{**}$  y  $\text{Mg}^{++}$ . Se basó en el hecho de que una solución nutritiva debe estar regulada en sus macronutrientes, los cuales corresponden a los iones mencionados. La regulación consiste no sólo en la cantidad absoluta de cada uno de ellos, sino además, en la relación cuantitativa que se establece entre los cationes por una parte y los aniones por la otra.

Steiner (1968) señala respecto a la concentración de un ión, que el problema más importante es la relación que tiene respecto a los otros dos restantes de su misma carga eléctrica, esto es lo que se denomina como la relación aniónica relativa si se trata de aniones y relación catiónica relativa al referirse a los cationes.

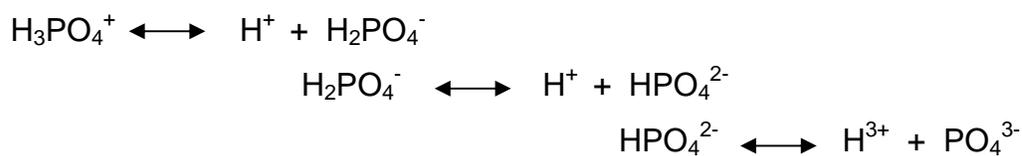
La relación mutua entre los iones en la solución Steiner en porcentaje es 60:5:35 para  $\text{NO}_3^-$ ;  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ :  $\text{SO}_4^{=}$  y 35:45:20 para  $\text{K}^+$ : $\text{Ca}^{++}$ : $\text{Mg}^{++}$ .

### 3.3.3 pH de la solución nutritiva

Steiner (1968) menciona que en una verdadera solución nutritiva se tienen todos los iones en forma libre y activa, el pH es importante para la disponibilidad de iones, en un pH alto no es posible tener un contenido alto en calcio y fósforo.

El pH es importante para favorecer la solubilidad del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$

La forma iónica en que el fósforo es más fácilmente absorbido por las plantas es el  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Sin embargo la concentración de este ión en la solución cambia el pH, de acuerdo con la siguiente reacción.



El pH en que predomina el  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  sobre el  $\text{HPO}_4^{2-}$  es entre 5.5 y 6.0; precisamente entre estos límites de pH se tiene la mejor difusión de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en el espacio libre aparente de la planta y se mejora la absorción por parte de las plantas desarrolladas en hidroponía.

En las soluciones nutritivas se pueden presentar problemas por precipitación de fósforo cuando el pH es mayor de 7.5. Bajo esta condición cuando el producto de las concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$  presentes en la solución nutritiva supera el valor de  $2.2 \text{ mol m}^{-3}$  ocurre precipitación de  $\text{CaHPO}_4$  (Steiner, 1984).

Steiner (1968), sugiere mantener el pH lo más constante posible, siendo este 6.0 a 6.5. En esta área el equilibrio de disociación de los fosfatos y carbonatos da la mayor capacidad tampón con respecto al pH.

Se puede concluir que el pH apropiado de una solución nutritiva para el desarrollo de un cultivo en hidroponía está entre 5.5 a 6.5. Sin embargo, el pH de una solución nutritiva no es estático, sino que varía en función de la diferencia en la magnitud de absorción por las plantas, de aniones respecto a los cationes. Cuando los aniones son absorbidos en mayor magnitud por ejemplo, cuando la fuente de N en la solución nutritiva es únicamente  $\text{NO}_3^-$  la planta excreta aniones  $\text{OH}^-$  o  $\text{HCO}_3^-$  para contrarrestar las cargas eléctricas en su interior (Marschner, 1995), lo cual genera un pH alcalino. A este proceso se le llama alcalinidad fisiológica. La solución Steiner es de este tipo. Dicho de otra manera, en la medida que la planta absorbe una proporción mayor de aniones que de cationes, se incrementa el pH de la solución.

### **3.4 Respuesta de la planta a la solución nutritiva.**

#### **3.4.1 Presión osmótica**

Las características químicas de la solución nutritiva se reflejan en la respuesta de las plantas; la más importante de estas características es la presión osmótica, le sigue la relación de cationes, después la relación de aniones y por último el pH de la solución nutritiva.

Para determinar la presión osmótica más adecuada para un cultivo se sugiere experimentar directamente con la solución nutritiva de Steiner a diferentes presiones osmóticas y esto tiene que hacerse en cada época del año.

##### **3.4.1.1 ¿Porqué estudiar la presión osmótica?**

Steiner (1966) indica que la presión osmótica es considerada como el factor más importante que influye en el rendimiento de un cultivo bajo un sistema hidropónico. La presión osmótica tiene que ser menor en el verano o en los climas cálidos y mayor en el invierno o en los climas templados.

Lee y Yang (1998) realizaron un trabajo con dos cultivares de *Lilium*, híbrido Asiático cv Elite e híbrido Oriental cv Stargazer para estudiar el déficit de agua en el suelo a corto plazo. Cuando el potencial de agua en el suelo disminuyó a  $-0.25$  MPa disminuyó el número de flores por planta y la duración de la flor. La altura y área de la hoja fueron reducidas por los déficits de agua en ambos tipos de lilis. La disminución de altura en el cv Elite fue más grande que en el cv. Stargazer, aunque la disminución en el área de la hoja fue más grande en 'Stargazer' que en 'Elite'. El número de flores por planta fue reducido en 'Elite' pero no en 'Stargazer'.

Lara (1998), en un estudio con jitomate en cultivo hidropónico aplicó diversas soluciones nutritivas en diferentes etapas, entre ellas en el desarrollo de fruto: uno de los factores incluidos en las soluciones nutritivas fue el potencial osmótico de la solución nutritiva; tomó como referencia la solución nutritiva de Steiner; los niveles de potencial osmótico que consideró fueron (-0.11 y 0.071 MPa). Con la solución nutritiva con menor potencial osmótico (la solución más concentrada) se incrementó la concentración de K en hojas inferiores y superiores, de Mg en la parte superior del tallo y de P en los frutos y por el contrario disminuyó la concentración de P en las hojas inferiores y en la parte inferior del tallo.

Preciado, *et al.* (2003) en el cultivo de plántulas de melón de dos cultivares (Crusier y Gold eagle) estudiaron el efecto de tres diferentes presiones osmóticas (0.036, 0.073 y 0.109 MPa) y tres porcentajes iniciales de dilución (25-50-100, 35-70-100 y 45-90-100), fueron 10 días de aplicación de cada porcentaje, incrementándose la concentración de la solución nutritiva universal de Steiner modificada. Se evaluó el efecto lineal e interactivo de los factores indicados; encontraron que en el híbrido Crusier, con la mayor presión osmótica se incrementó la concentración de P y de Ca, y en el híbrido Gold eagle, también con la mayor presión osmótica se incrementaron las concentraciones de P, Ca y Mg.

Por otra parte, Villegas, *et al.* (2005) en un experimento con plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), híbrido Gabriela, en cultivo hidropónico con turba Sogemix<sup>®</sup>, estudiaron tres concentraciones de Ca (30, 45 y 60 %) con relación al total de cationes y tres potenciales osmóticos (-0.072, -0.092 y -0.112 MPa) de la solución nutritiva. El potencial osmótico de la solución nutritiva tuvo efecto significativo en la concentración de nutrientes en los órganos de las plántulas. Con -0.112 Mpa a -0.092 Mpa se incrementó la concentración de N en raíz; P en raíz, tallo y hoja; Ca en hojas y Mg en tallo y hojas.

### 3.4.2 Relaciones de aniones y de cationes y pH de la solución nutritiva

Posteriormente se detalla la relación de aniones con el ejemplo de fósforo-relación de aniones y la relación de cationes con el ejemplo de amonio-relación de cationes. Con relación al pH se señala posteriormente el efecto que tiene el pH en cuanto a las formas químicas que se tienen en la solución nutritiva.

### 3.4.3 Variedad

El uso de la solución nutritiva universal Steiner demanda determinar para cada cultivo específico y en cada época del año la presión osmótica más adecuada.

Steiner (1961) señala que diferencias de presión osmótica de la solución nutritiva del orden de 0.2 atm causan diferencias considerables en el rendimiento de un cultivo. Sin embargo, para el *Lilium* no se tienen referencias al respecto.

Steiner (1961) encontró que la concentración iónica total de la solución nutritiva es importante dentro de los límites de  $\pm 0.2$  atm de presión osmótica, al investigar cultivos como claveles, tomate, y gerbera, teniendo diferencias considerables en rendimiento.

#### 3.4.3.1 ¿Por qué estudiar variedades?

Bulgarín *et al.* (1998a), mediante un experimento con crisantemo [*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat) Kilam] en cultivo hidropónico, estudiaron los efectos directos e interactivos de los siguientes factores: tres variedades, Puma Sunflower, Improved y Sunshine, tres concentraciones de  $\text{N-NH}_4^+$  (1.5, 3.0 y 4.5  $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ ), dos concentraciones de  $\text{N-NO}_3^-$  (10 y 13.5  $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ ) y tres presiones osmóticas (0.54, 0.72 y 0.90 atm) de la solución nutritiva. En la variedad Puma (Bugarín(b) *et al.*, 1998) encontraron que con la concentración de 1.5  $\text{mmol}_c$

$L^{-1}$  de  $N-NH_4^+$ , interactuando con la presión osmótica de 0.70 atm, alcanzaron la mayor extracción de P por las plantas en las hojas basales; este valor fue significativamente superior al alcanzado con la presión osmótica de 0.54 atm y la misma concentración de  $N-NH_4^+$ . Otro efecto encontrado fue que la mayor extracción de K en las hojas se alcanzó con  $4.5 \text{ mmol}_c L^{-1}$  de  $N-NH_4^+$  y presión osmótica de 0.54 atm., valor estadísticamente superior al encontrado con la misma concentración de  $N-NH_4^+$  y la presión osmótica de 0.72 atm. También encontraron que con la concentración de  $1.5 \text{ mmol}_c L^{-1}$  de  $N-NH_4^+$  y 0.9 atm de presión osmótica obtuvieron la mayor extracción de Ca en las hojas basales, este valor fue estadísticamente superior al obtenido con la misma concentración de  $N-NH_4^+$  y la presión osmótica de 0.54 atm. Finalmente con la concentración de  $3.0 \text{ mmol}_c L^{-1}$  de  $N-NH_4^+$  y 0.54 atm., la extracción de Mg en las hojas basales fue estadísticamente mayor al obtenido con la misma concentración de  $N-NH_4^+$  y 0.72 atm de presión osmótica en la solución nutritiva.

Martínez (1999) realizó un experimento con los cultivos de *Alstroemeria* "Mona Lisa y *Alstroemeria* "Red Sunset", en ellos probó el efecto de dos factores: presión osmótica (0.72, 0.92 y 1.12 atm) y la adición de vitaminas (0 y 4 ml) en la producción de tallos florales. Los resultados mostraron que cuando se incrementó la concentración de la solución nutritiva de 0.72 atm a 1.12 atm disminuyó la producción de tallos florales y la altura de *Alstroemeria* "Mona Lisa" y *Alstroemeria* "Red Sunset". La adición de vitaminas influyó positivamente en el contenido nutrimental, calidad y vida poscosecha de los tallos florales. La interacción presión osmótica y vitaminas incrementaron la vida poscosecha en *Alstroemeria* "Red Sunset".

Flores (1999) en un trabajo de investigación evaluó la influencia de la concentración iónica total o presión osmótica de la solución nutritiva de Steiner (0.16, 0.17, 0.18 y 0.19 atm) y diferentes concentraciones de magnesio (20.0, 23.3, 26.6 y 30 %) en dos cultivares de rosal (Dallas y Vega) en un sistema hidropónico por subirrigación. La investigación mostró que la presión osmótica de

la solución nutritiva tuvo mayor influencia en el crecimiento de las plantas, en comparación con la concentración de magnesio. El cultivar Dallas presentó el mayor número de variables que alcanzaron la presión osmótica máxima, con la cual manifestaron su mayor expresión, en comparación con el cultivar Vega. Los niveles de la presión osmótica evaluados resultaron deficientes para la obtención de la máxima expresión de la mayoría de las variables fisiológicas y del crecimiento del cultivar Vega.

Preciado *et al.* (2003) en el cultivo de plántulas de melón de dos cultivares (Crusier y Gold eagle) estudiaron el efecto de tres diferentes presiones osmóticas (0.036, 0.073 y 0.109 MPa) y tres porcentajes iniciales de dilución (25-50-100, 35-70-100 y 45-90-100), fueron 10 días de aplicación de cada porcentaje, incrementándose la concentración de la solución nutritiva universal de Steiner modificada. Se evaluó el efecto lineal e interactivo de los factores indicados; encontraron que en el híbrido Crusier, con la mayor presión osmótica se incrementó la concentración de P y de Ca, y en el híbrido Gold eagle, también con la mayor presión osmótica se incrementaron las concentraciones de P, Ca y Mg.

### **3.5 La solución nutritiva universal de Steiner.**

En la presente investigación la solución nutritiva utilizada se basó en la solución Steiner la cual se fundamenta en lo siguiente:

Steiner (1961) señala que una solución nutritiva verdadera es aquella en la que las especies químicas indicadas en la fórmula química de la solución, son en realidad las que se encuentran presentes en la misma y por tanto deben coincidir con las que se determinan mediante un análisis químico.

Steiner (1961) desarrolló un método para calcular una fórmula para la composición de una solución nutritiva, la cual satisface ciertos requerimientos, a su vez Coic y Lesaint (1969) y Steiner (1973, 1980) indican que la composición y

concentración de una solución nutritiva depende de la clase del cultivo, de la fase de desarrollo, del medio ambiente, del tipo de hidroponía (frecuencia de renovación de soluciones); añadiendo que las plantas poseen una cierta elasticidad con relación al ambiente nutritivo, es decir, que la planta absorbe los iones en su propia relación mutua, dentro de amplios límites, independientemente de la relación mutua entre los iones de la solución nutritiva.

Steiner (1961 y 1984) elaboró una solución nutritiva universal, la cual se distingue por sus relaciones mutuas entre aniones y cationes; expresadas en miliequivalentes por litro; indica que el uso de la solución nutritiva universal demanda únicamente, que se determine cual es la presión osmótica requerida para un cultivo en particular en una cierta época del año.

Steiner (1968) estableció en la solución nutritiva universal las relaciones mutuas entre los iones  $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{SO}_4 = 60:5.35$  y la relación mutua entre los cationes  $\text{K}^+:\text{Ca}^{++};\text{Mg}^{++} = 35:45:20$ , ambos en equivalentes por litro, son dados como universales.

La solución nutritiva de Steiner se considera universal porque para muchos cultivos ha dado buenos resultados. La relación de Steiner es básicamente una relación de aniones y de cationes y no como muchos investigadores consideran que es fija, ésta es variable de acuerdo a la época del año.

### **3.6 Nutrición nitrogenada**

#### **3.6.1 Efecto fisiológico de las soluciones nutritivas con $\text{N-NH}_4^+$**

Coic (1973) y Coic y Lesaint (1973), mencionan que la forma bajo la cual es aportado el ión nitrógeno tiene una influencia importante sobre la fisiología de la planta. Los principales problemas son: la relación entre los iones minerales, el pH de la solución y la proporción entre iones nitrato y amonio. El pH óptimo de la

solución depende de la especie vegetal. Por lo menos debe ser dirigido hacia la acidez para evitar la precipitación de los fosfatos cálcicos. Las variaciones de pH son originadas por la absorción preferencial del ión nitrógeno; cuando éste es aportado bajo la forma amonio hay una absorción preferencial de los cationes sobre los aniones originando una fuerte acidificación fisiológica de la solución nutritiva; cuando el ión nitrogenado es aportado bajo la forma de nitrato hay una alcalinización fisiológica. Generalmente son los fosfatos los que gracias a su poder amortiguador en los pH comúnmente usados (entre 4.5 y 6.3), permiten un pH muy estable. Los autores indican que la relación entre los iones amonio y nitrato en la solución nutritiva depende de: 1) el efecto nutrimental (metabólico) de una mezcla determinada de amonio y nitrato en función de la especie vegetal. 2) de la influencia de la absorción relativa de los dos iones sobre la variación del pH de la solución, principalmente cuando la renovación de la solución nutritiva es poco frecuente.

Kirby y Mengel (1968), indican que las plantas abastecidas con  $\text{N-NH}_4^+$  generalmente no crecen tan bien y contienen concentraciones más bajas de los cationes inorgánicos Ca, Mg y K, mientras que los elementos absorbidos originalmente como aniones, esto es S, P y Cl, están a menudo presentes en concentraciones más altas que en tejidos comparativos de plantas alimentadas con  $\text{N-NO}_3^-$ . La concentración de constituyentes orgánicos en la planta puede también ser afectada, los tejidos de plantas abastecidas con  $\text{N-NH}_4^+$  muestran concentraciones más altas de aminoácidos; sin embargo, presentan acumulaciones más bajas de ácidos orgánicos no volátiles.

### **3.6.2 Nutrición con $\text{N-NO}_3^-$ y $\text{N-NH}_4^+$**

Steiner (1980) indica que en la solución nutritiva universal todo el nitrógeno está presente en forma de nitrato y no existe amonio, la razón es que los iones amonio en una solución nutritiva son mas o menos tóxicos para dichas plantas. Aún el pH de una solución nutritiva tiende a llegar a ser mas alto (por ejemplo

influenciado por ciertos sustratos o por las mismas plantas), el pH puede ser amortiguado por algún amonio en la solución nutritiva. Solamente se puede decir “nunca más allá del 10 % del contenido del nitrógeno total puede ser dado en la forma de amonio”. Por su parte Coic y Lesaint (1973) señalan que una utilización por la planta de ambos iones nitrogenados en determinada producción puede conducir a mantener el pH de la solución nutritiva. Es difícil asegurar en un “cultivo sin suelo” la proporción conveniente entre nitrato y amonio de manera continua en el tiempo, puesto que la velocidad de absorción de los dos iones es diferente.

Coic y Lesaint (1969), mencionan que en el suelo la nutrición nitrogenada de las plantas se hace casi exclusivamente bajo la forma de nitrato por dos razones principales: porque el amonio es retenido en forma adsorbida por los coloides arcillo-húmicos del suelo, en tanto que nitrato no; de tal forma que  $\text{NO}_3^-$  a la inversa de  $\text{NH}_4^+$ , circula libremente con el agua en el suelo y puede alimentar a la planta de manera continua; otra razón más es que los microorganismos del suelo transforman rápidamente  $\text{NH}_4^+$  en nitratos (nitrificación) cuando las condiciones son favorables: oxígeno, temperatura, humedad y pH apropiados. Esto es lo que ocurre generalmente cuando son aplicados los fertilizantes amoniacales; por el contrario se comprende que en los cultivos hidropónicos no se presentan estos procesos y por lo tanto es posible asegurar un abastecimiento de nitrógeno que incluya una cierta proporción de  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$ , sin que exista la preocupación de que el  $\text{N-NH}_4^+$  pueda acumularse y resultar tóxico. Al respecto Steiner (1980) sugiere adicionar a la solución nutritiva no más del 10 % del contenido de N-total en forma de  $\text{N-NH}_4^+$  y el resto como  $\text{N-NO}_3^-$ .

### **3.6.3 Factores que afectan la absorción del $\text{N-NH}_4^+$ y del $\text{N-NO}_3^-$**

Las principales formas de N inorgánico absorbidas por las raíces de las plantas superiores son el  $\text{N-NO}_3^-$  y el  $\text{N-NH}_4^+$ ; sin embargo, la absorción y transporte del  $\text{N-NO}_3^-$  y el  $\text{N-NH}_4^+$  son muy diferentes. La mayoría de los iones  $\text{N-NH}_4^+$  se asimilan a compuestos orgánicos en las raíces y se transportan hacia las

hojas como aminoácidos y amidas especialmente como aspargina y glutamina; por este motivo en la raíz se establece una fuente de demanda de carbono, la cual puede reducir a los esqueletos carbonatados y disminuir de energía a otros tejidos que los requieren para crecer (Magalhaes *et al.* 1995). Los iones  $\text{NO}_3^-$  pueden ser almacenados en las vacuolas de la raíz y el tallo, además es muy móvil en el xilema y es transportado hacia las hojas en gran parte como  $\text{NO}_3^-$ ; no obstante la tasa de absorción del  $\text{NO}_3^-$  que es reducido en la raíz o en las hojas depende de la especie, del cultivar e híbrido dentro de la misma especie. Generalmente en las plantas tropicales y subtropicales domina la reducción del  $\text{NO}_3^-$  en las hojas, mientras que las plantas de climas templados, particularmente con bajas concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  en el medio, la reducción se lleva a cabo principalmente en la raíz (Marschner, 1995).

Oaks (1986) señala que el primer paso para la asimilación del  $\text{NO}_3^-$  es su reducción a  $\text{NH}_4^+$ , lo cual en la mayoría de las especies ocurre en las hojas, dada la alta disponibilidad en esos órganos de esqueletos carbonatados, reductores y energía; en cambio el  $\text{NH}_4^+$  normalmente es transportado a nuevos crecimientos de follaje vía xilema, previa incorporación en amidas como glutamina vía aspargina en la raíz (Lewis *et al.* 1986).

Ganmore y Kafkafi, (1985) y Osaki *et al.* (1995) encontraron preferencia en la absorción de  $\text{N-NO}_3^-$  durante los períodos de floración y fructificación, mientras que el  $\text{N-NH}_4^+$  fue preferido durante el período vegetativo. La absorción del  $\text{N-NH}_4^+$  y del  $\text{N-NO}_3^-$  son afectados diferencialmente por la temperatura y el pH del medio que rodea a la raíz.

La absorción del  $\text{N-NH}_4^+$  depende en gran parte de la temperatura, teniendo como óptimo  $27\text{ }^\circ\text{C}$  (Hageman, 1984); la concentración del mismo también es importante, con altas concentraciones de  $\text{N-NH}_4^+$  en la solución nutritiva generalmente se deprime el desarrollo de las plantas, especialmente con altas temperaturas en la raíz (Ganmore y Kafkafi, 1980). A bajas temperaturas y altas

concentraciones de  $\text{N-NH}_4^+$ , decrece la producción de materia seca de tomate (Ganmore y Kafkafi, 1983). De igual manera la absorción del  $\text{N-NO}_3^-$  depende también de la temperatura, la óptima es  $35\text{ }^\circ\text{C}$  (Hageman, 1984).

Polizzoto *et al.* (1975) indican que el pH de la solución tuvo poco efecto en la respuesta a la forma química de N. La absorción del  $\text{N-NO}_3^-$  es favorecida en condiciones de un pH bajo en el medio; en cambio la absorción del  $\text{N-NH}_4^+$  es mejor en condiciones neutras o alcalinas (Pilbean y Kirkby, 1992), ya que la absorción de este catión decrece cuando el pH es ácido (Havlin *et al.*, 1999). De aquí la recomendación de utilizar fuentes amoniacales para los suelos calcáreos y fuentes nítricas para los suelos ácidos (Goyal, 1984).

La intensidad luminosa y la cantidad de radiación solar son factores que influyen sobre la absorción de  $\text{N-NH}_4^+$ ; cuando la intensidad y la radiación son insuficientes el  $\text{N-NH}_4^+$  no se asimila y su acumulación puede causar toxicidad (Hageman, 1984). La asimilación de  $\text{N-NH}_4^+$  requiere muchos esqueletos carbonatados, los cuales son proporcionados durante el proceso fotosintético, el cual depende de la luz solar (Pilbean y Kirby, 1992).

Zornoza *et al.* (1989) señalan que al incrementar el nivel de luz ( $240\text{-}300\text{ W m}^{-2}$ ), resulta en un incremento de  $\text{N-NH}_4^+$  libre y nitrógeno orgánico soluble e insoluble (amidas y aminas), al compararlas con plantas que fueron tratadas con  $\text{N-NO}_3^-$ .

Con respecto a la conductividad eléctrica, Feigin (1990) señala que el  $\text{N-NH}_4^+$  aún en bajas concentraciones y con una alta conductividad eléctrica en la solución nutritiva, tiene efectos negativos en el desarrollo del cultivo de melón. Gerendás *et al.* (1997) resumen en cinco posibles causas o mecanismos la toxicidad del  $\text{N-NH}_4^+$ : a) inducción de deficiencias por antagonismo con otros cationes, b) inhibición del crecimiento secundario por una acidez en la rizósfera, c) alteración del pH y desbalances osmóticos, d) desacoplamiento del transporte de

electrones de la fotofosforilación, seguido por la acumulación del  $\text{NH}_4^+$  en hojas y e) alteración del metabolismo de producción de poliamidas y fitohormonas; no obstante, ninguno de estos mecanismos es capaz por sí solo de explicar adecuadamente la toxicidad de este catión.

Dinev y Stoncheva (1995) observaron que con una alta concentración de N- $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva se obtiene un pobre desarrollo de la raíz. Este fenómeno lo explican Ganmore y Kafkafi (1985) al señalar que el almacenamiento de los carbohidratos debido al metabolismo del  $\text{NH}_4^+$  ocurre cuando la temperatura en la raíz es superior a  $25^\circ\text{C}$ . A esas temperaturas los carbohidratos se consumen a una velocidad mayor de lo que son suministrados por las hojas; cuando ocurre esa situación las raíces mueren.

La toxicidad del  $\text{NH}_4^+$  en muchas especies de plantas usualmente no es problema cuando crecen en suelos calcáreos ( $\text{CaCO}_3$  libre); no obstante el  $\text{NH}_4^+$  se ha encontrado que es tóxico en medios en los cuales no existió  $\text{CaCO}_3$  (Fenn *et al.*, 1993); es por eso que en hidroponía con sustratos inertes se utiliza  $\text{CaCO}_3$  u otro compuesto cálcico para contrarrestar los efectos negativos del N- $\text{NH}_4^+$  (Goyal, 1984; Sandoval *et al.*, 1995, 1999).

#### **3.6.4 Efecto de la forma nitrogenada sobre la extracción nutrimental**

La extracción de P se incrementa cuando el N- $\text{NH}_4^+$  reemplaza al N- $\text{NO}_3^-$  como fuente de N; esto se atribuye a los cambios del pH hacia la acidez en la rizósfera, lo cual es debido a la absorción de N- $\text{NH}_4^+$ , a este pH ácido se incrementa la concentración de P en forma de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , el cual es absorbido más rápidamente que el  $\text{HPO}_4^{2-}$ , además de que el  $\text{HPO}_4^{2-}$  se precipita como  $\text{CaHPO}_4$  en la superficie radical en ausencia del N- $\text{NH}_4^+$  (Goyal, 1984).

Hoff *et al.* (1974) indican que al proporcionar N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en vez de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> se tiene un ahorro de 162 Kcal mol de N, el cual podría ser aplicable a un crecimiento adicional.

La forma en que se encuentra el N en las soluciones nutritivas: NO<sub>3</sub><sup>-</sup> o NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, afecta la cantidad absorbida de otros nutrimentos. Como resultado de una revisión de literatura realizada por Maftoun *et al.* (1980) señalan que el N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> disminuye la absorción de cationes, (Barker y Maynard, 1972; Blair; Millar y Mitchell, 1970; de Classen y Wilcox, 1974; Kafkafi, Walerstrein y Feigenbaum, 1971; Kirby y Mengel, 1967; Pill y Lambeth, 1977; Polizzotto, Wilcox y Jones, 1973) y aumenta la absorción de aniones (Blair; Millar y Mitchel, 1971; Kirby y Mengel, 1967; Polizzotto, Wilcox y Jones, 1975) inhibe la absorción de agua (Pill y Lambeth, 1977), baja la actividad de varias enzimas (Weissmank, 1972) y disminuye el contenido de ácidos orgánicos (Kirby y Mengel, 1967). Otros autores coinciden con lo antes señalado, indican además que el N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> incrementa la extracción de Mn, P, S y Cl, disminuyendo la cantidad de Mg, Ca, K y Mo; por el contrario el N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> incrementa el Ca, Mg, K, y Mo; disminuye el Fe y el Zn (Maftoun *et al.*, 1984; Hageman, 1984; Stanley 1984; Goyal 1984; Feigin, 1990; Cao y Tibbitts 1998; Havlin *et al.*, 1999; Jull *et al.* (1994); An *et al.*, 2002; Lin *et al.*, (1999); Hoff *et al.*, (1974). Dorota (1996) recomienda un balance entre el N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> para un óptimo desarrollo de los cultivos.

Jull *et al.* (1994) investigaron con tallos enraizados de *Cryptomeria Japonica* cv. Elegans aurea cultivados en contenedor con arcilla calcinada, fueron fertilizados tres veces semanalmente durante catorce semanas con una solución nutritiva completa conteniendo 0, 25, 50, 100 ó 200 mg de N L<sup>-1</sup> abastecido como nitrato de amonio. Los brotes y peso seco de raíz no fueron afectados por la tasa de nitrógeno sugiriendo que 25 mg de N L<sup>-1</sup> fue adecuado para maximizar el crecimiento. La fertilización de N incrementó la parte superior y peso seco de raíz por un promedio de 149 y 20 %, respectivamente, comparado con los testigos no tratados (0 mg de N L<sup>-1</sup>). Conforme las concentraciones de nitrógeno

incrementaron de  $25 \text{ mg L}^{-1}$ , el área de la raíz y la longitud total de raíz disminuyeron linealmente. Aplicando N disminuyó la relación brote: raíz por 50 % comparado con los testigos no tratados, pero, los resultados fueron similares para todas las tasas de nitrógeno. El porcentaje de la concentración de nitrógeno en el brote fue incrementado por la aplicación de N comparado con el testigo no tratado. El porcentaje de K, Ca, Mg en el brote disminuyeron linealmente con las tasas de nitrógeno crecientes, hubo una respuesta cuadrática en el porcentaje de P en el brote con un máximo en  $50 \text{ mg de N L}^{-1}$ .

El Gendy *et al.* (1995) suministraron mensualmente y durante 11 meses a plantas de *D. Draco* de 12 meses, cultivadas en arcilla fina, con 0, 2, 4, 6 y 8 g de sulfato de amonio/contenedor. La cantidad total de N activo aplicado por estos tratamientos varió de 0 a  $18.15 \text{ g/contenedor}$ . La aplicación de fertilizante incrementó la altura de la planta y el número y peso de hojas y raíces, comparado con los testigos no fertilizados. Los parámetros de crecimiento, y las concentraciones de N, P y K de la hoja y raíz, todos tuvieron un pico de respuesta con una tasa de aplicación de 6 g de fertilizante ( $13.62 \text{ g de N activo}$ )/contenedor. La toxicidad de sales proveniente de la aplicación excesiva de fertilizante pudo haber influenciado la reducción ligera del crecimiento y la absorción de nutrimentos en la tasa de  $8 \text{ g/contenedor}$ , comparado con la tasa de  $6 \text{ g/contenedor}$ .

Lin *et al.* (1999) estudiaron las orquídeas Gower Ramsey *Oncidium* para la producción de flor de corte, y Aloha Iwanaga *Oncidium* para maceta, las cuales fueron fertirrigadas en la misma tasa de N con 4 proporciones de N-  $\text{NO}_3$ : N- $\text{NH}_4$  (1: 0, 10: 1, 6:1, 4:1). La proporción más alta de N- $\text{NH}_4$  produjo los contenidos más altos de N y P en los tejidos de las plantas. Sin embargo, los contenidos de K, Ca y Mg disminuyeron. El contenido de N fue más bajo cuando la proporción de N- $\text{NO}_3$ :N- $\text{NH}_4$  fue de 1:0. La calidad de la floración de Gower Ramsey y Aloha Iwanaga fue mejor cuando la relación de N- $\text{NO}_3$ :N-  $\text{NH}_4$  fue de 6:1.

### 3.6.5 Relaciones N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: aniones y N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: cationes

Se ha comprobado que el suministro conjunto de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> produce mayores rendimientos que si fuera en forma individual (Sandoval *et al.*, 1992). También se incrementa la calidad de los frutos (Simonne *et al.*, 1992 y Lara, 1998).

Morti y Mills (1991) en un experimento en invernadero con el cultivo de chile estudiaron tres relaciones de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (1:0, 1:1 y 0:1), sobre la absorción de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P, Ca y Mg, encontraron que con cada incremento de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> disminuyó la acumulación de K, Ca y Mg; también disminuyó el peso seco de las plantas y la producción de frutos, mientras que con el N-NO<sub>3</sub> no sucedió esto, por lo que estos autores sugieren que los cultivos “prefieren ” esta forma nitrogenada. Montag (1997) señala que el pH de la solución del suelo es afectado por la relación NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución utilizada en fertirriego. Cuando el N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> predomina, el H<sup>+</sup> es excretado por las raíces y acidifica la solución del suelo y cuando el N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> es el ión absorbido se excretan los iones OH<sup>-</sup> o HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y el pH de la solución se incrementa.

Las plantas cultivadas con N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> muestran una rápida expansión foliar y por lo tanto mayor área foliar fotosintéticamente activa, además de que las plantas son energéticamente más eficientes, debido tal vez a la mayor expansión foliar y menor tasa de respiración de la raíz (Lips *et al.* 1990). Las plantas cultivadas con N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, primero toman el N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y luego el N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Esto debido a que se disminuye el pH (absorción preferencial del N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y luego se eleva el pH, lo que significa una absorción de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Lips *et al.*, 1990); la alcalinización de la rizósfera ocurre como consecuencia de la absorción y asimilación del N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. En cambio, la nutrición con N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> acidifica la rizósfera (Pilbean y Kirby, 1992, Schubert y Yan, 1997).

Mengel y Kirby (1987) señalan que la variación en la respuesta a las diferentes relaciones  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  está en función de la especie vegetal, la etapa de desarrollo y la intensidad luminosa, entre otros fenómenos.

Hageman (1984) señala que las plantas con una nutrición de  $\text{N-NH}_4^+$  tiene un 30 % más de azúcares que aquellas que tienen una nutrición a base de  $\text{N-NO}_3^-$ , concluyendo que el alto nivel de la glucosa en las plantas con nutrición de  $\text{N-NH}_4^+$  es derivado de la fotosíntesis y no de la degradación del almidón. Además, con una alta concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  se disminuye la incorporación del  $\text{CO}_2$  en el almidón y se incrementa la incorporación de estos azúcares.

An *et al.* (2002) en un experimento con cultivares de rosa con soluciones nutritivas con varias tasas de  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$ , donde el  $\text{N-NH}_4^+$  osciló de 0, 10, 20 y 30 % del N total. La mayor producción de flor de corte se obtuvo con 10 y 20 % de  $\text{N-NH}_4^+$  mientras que las concentraciones de Fe, Zn y Mn en los tejidos disminuyeron con respecto a 0 % de  $\text{N-NH}_4^+$ ; por el contrario la concentración de S aumentó, también se analizó el contenido de K, Ca y Mg en el tejido vegetal.

Lin *et al.* (1999) hicieron un estudio donde plantas de orquídeas de diferentes cultivares fueron fertirrigadas con soluciones donde se valoró la proporción de  $\text{N-NO}_3^-/\text{N-NH}_4^+$  (1:0, 10:1, 6:1, 4:1); encontraron que al subir la proporción de  $\text{N-NH}_4^+$  las concentraciones de K, Ca Mg y P bajaron.

Lara (1998) en un estudio con tomate en cultivo hidropónico uso la solución nutritiva de Steiner modificada con diferentes niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (0 y 1.5 mM de  $\text{N-NH}_4^+$  que correspondió al 7.5 % del total de cationes); donde se estudiaron las relaciones entre aniones y entre cationes y el potencial osmótico de -71 KPa y -110 KPa basado en la solución nutritiva universal de Steiner, considerando diferentes etapas del cultivo; encontró que con la aplicación de 1.5 mM de  $\text{NH}_4^+$  tanto con -71 KPa como con -110 KPa en la solución nutritiva, la concentración de P y K aumentó en las hojas superiores y también aumentó el P en las hojas y

tallos inferiores; al mismo tiempo el Ca y Mg disminuyeron en las hojas inferiores y disminuyó el Ca en el fruto. También se incrementó la cantidad de sólidos solubles totales y disminuyó el pH en el jugo de los frutos.

Broschat (1998) investigó la fertilización nitrogenada en las plantas de *Buganvilia* cv. *Brasiliensis* cultivadas en recipientes, se fertilizaron con sulfato de amonio, nitrato de amonio o sulfato de amonio + nitrato de sodio, como fuentes de N. Las plantas fertilizadas con nitrato de sodio presentaron un crecimiento retrasado, fueron extremadamente loróticas y produjeron pocas flores comparadas a las que recibieron sulfato de amonio. En un segundo experimento las *Buganvilias* fueron fertilizadas con 12 diferentes fuentes de N como fertilizantes, de lenta liberación o amonio soluble, urea o nitrato. Las plantas cultivadas únicamente con  $N-NO_3$  estuvieron cloróticas, con crecimiento retrasado y produjeron más pocas flores que las que recibieron N de urea o sales de amonio. El pH alto del sustrato, asociado con fertilización de nitrato, pudo ser una causa de la clorosis, pero los síntomas de toxicidad posible (lesiones necróticas pequeñas y caída prematura de hoja) fueron también observados sobre las plantas tratadas con nitrato. Las plantas que recibieron urea de liberación controlada o nitrato de potasio fueron de calidad más alta que las que recibieron fertilizantes sin cobertura similar.

### **3.6.6 Ventajas del uso del $N-NH_4^+$**

Para diversos cultivos la literatura indica varias ventajas acerca del uso de  $N-NH_4^+$  en las soluciones nutritivas Bugarín *et al* (1998b); Toledo y Juárez (1996), mismas que se indican a continuación. Sin embargo, en el caso de *Lilium* se cuenta con poca información al respecto.

- Los fertilizantes nitrogenados en forma de  $N-NH_4^+$  son mas económicos que en forma de  $N-NO_3^-$ .

- La adición de  $\text{N-NH}_4^+$  a una solución nutritiva que contenga  $\text{N-NO}_3^-$  mejora la eficiencia de absorción de N y promueve mayor crecimiento.
- En cultivo hidropónico se puede aprovechar el hecho de que la disponibilidad del  $\text{N-NH}_4^+$  es directa. No hay transformaciones, no existiendo problemas de adsorción por arcillas presentes en el suelo o acumulaciones que pudieran resultar tóxicas al cultivo.
- La asimilación del  $\text{N-NH}_4^+$  por la planta representa un menor consumo de energía con respecto a lo que ocurre con el  $\text{N-NO}_3^-$  (5 ATP  $\text{mol}^{-1}$  de  $\text{N-NH}_4^+$  y 15 a 16 ATP  $\text{mol}^{-1}$  de  $\text{N-NO}_3^-$  (Salsac et al., 1987).

Bugarín *et al* (1998b) reporta que la adición de  $\text{N-NH}_4^+$  a la solución nutritiva en el cultivo de crisantemo favorece la extracción de ciertos nutrimentos como Ca, Mg y K y disminuye la extracción total de P en las hojas sin disminuir la producción del cultivo.

Toledo y Juárez (1996) usaron bulbos de *Lilium* de la variedad London, probaron tres presiones osmóticas de la solución nutritiva Steiner: 0.36, 0.71 y 1.06 atm, estas no provocaron diferencias estadísticamente significativas en rendimiento ni en calidad en las plantas donde fueron aplicadas. Por otra parte las plantas que fueron nutridas con una solución con 16 % del nitrógeno total en forma de  $\text{NH}_4^+$  presentaron una reducción del diámetro de sus tallos y de la materia seca de su parte aérea, en contraste con las plantas nutridas sólo con nitrógeno en forma de nitratos.

### **3.6.7 Las especies o variedades toleran de diferente manera el $\text{N-NH}_4^+$**

Algunas plantas tienen preferencia por el  $\text{N-NO}_3^-$ , otras en cambio prefieren el  $\text{N-NH}_4^+$  o mezclas de ambas fuentes nitrogenadas (Fenn *et al.*, 1993).

Bugarín (1998b) hizo estudios con el cultivo de crisantemo [*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat) Kilam] con tres variedades, Puma Sunflower, Improved y Sunshine sobre el efecto de tres niveles de N-NH<sub>4</sub>: 1.5, 3.0 y 4.5 me L<sup>-1</sup> en la solución nutritiva y tres presiones osmóticas 0.54, 0.72 y 0.90 atm. Los resultados mostraron diferencias significativas por efecto de la presión osmótica empleando una determinada concentración de amonio y dichos efectos tuvieron lugar primordialmente ante el cambio de 0.54 a 0.72 atm, para N y P al utilizar 1.5 me L<sup>-1</sup> de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en la solución nutritiva, así como para K a 4.5, Ca a 3.0 y Mg a 3.0 me L<sup>-1</sup> de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> respectivamente; agrega que debe notarse que en el caso de N la diferencia significativa tuvo lugar entre 0.54 y 0.90 atm. Dichos resultados demuestran que con la presión osmótica de 0.54 atm tuvo una extracción mayor con relación a la de 0.72 atm en el caso de K, Ca y Mg y lo contrario ocurrió con N y P.

Coic *et al* (1969), mencionan que los efectos comparativos de las formas de nutrición nitrogenada (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) sobre la fisiología de la planta son muy diferentes de acuerdo a la especie vegetal. Han establecido que la mejor nutrición nitrogenada (es decir la que produce el mejor crecimiento) en cultivos sin suelo, comparten una cierta proporción entre los dos iones nitrogenados. Esta proporción óptima no es la misma de acuerdo a las especies.

Coic y Lesaint (1973), compararon cuatro soluciones nutritivas conteniendo 16 me L<sup>-1</sup> del ión nitrogenado con diferentes proporciones de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, los resultados mostraron que la proporción de nitrógeno orgánico (nitrógeno de los ácidos aminados y amidas) del nitrógeno total, encontrado en la savia del maíz, es mucho más elevado que la que se encuentra en la savia del tomate lo que significa que la parte tomada por la raíz en la síntesis global del nitrógeno orgánico es más grande en el caso del maíz que en el tomate y es sobre todo la proporción de ácidos aminados más importante.

Coic y Lesaint (1973), mencionan que el aumento de la proporción de  $\text{NH}_4^+$  entre los iones nitrogenados no tienen el mismo efecto sobre el maíz y tomate. El crecimiento del maíz es favorecido por el reemplazo de una pequeña proporción de ambos iones mientras que el del tomate es máximo en nutrición exclusivamente nítrica. Es el mismo caso con el volumen de savia exudado por la raíz. La raíz posee una posibilidad más grande de desintoxicación amoniacal que la del tomate. De una manera general la parte tomada por la raíz en la síntesis del nitrógeno orgánico crece cuando aumenta la proporción de  $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva (nitrogeno orgánico con relación al nitrógeno total circulando en la savia).

Mengel y Kirby (1987) señalan que la variación de la respuesta a diferentes relaciones  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  se debe al efecto que tiene esta relación en función de la especie vegetal, la etapa de desarrollo y la luminosidad entre otros fenómenos.

Osaki *et al.* (1995) en una revisión de literatura acerca de la forma nitrogenada de  $\text{N-NH}_4^+$  o  $\text{N-NO}_3^-$  encontraron que el efecto de dichas formas en diferentes órganos de la planta varía dependiendo de la especie y el estado fenológico. Estos mismos autores en un estudio con el cultivo de papa encontraron que al suministrarle  $\text{N-NH}_4^+$  se propició la expansión del tubérculo, mientras que en el mismo cultivo abastecido con  $\text{N-NO}_3^-$  se estimuló la ramificación de estolones, tallos y crecimiento de brotes.

Bugarín *et al.* (1998a) estudió los efectos de las concentraciones de  $\text{N-NH}_4^+$  (1.5, 3.0 y 4.5 me  $\text{L}^{-1}$ ) en la relación de cationes de la solución nutritiva Steiner sobre el crecimiento y partición de biomasa aérea en tres variedades de crisantemo (*Dendranthema x grandiflorum Ramat*); encontró diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) en el crecimiento vegetativo al incrementarse el amonio en la solución nutritiva.

## 3.7 Fósforo

### 3.7.1 Nutrición con $\text{H}_2\text{PO}_4^-$

Mengel y Kirby (1982), mencionan que la absorción de fósforo por las raíces de las plantas es activa, y que ésta se incrementa cuando la planta presenta actividades metabólicas más altas, este y otros datos sugieren que el metabolismo de los carbohidratos en la respiración es lo que controla el proceso de absorción activa del fósforo. También ha sido muy evidente que la capacidad de la planta para absorber fósforo es muy variable, no sólo entre especies sino también entre cultivares, por lo que se afirma, que esta característica está fijada genéticamente.

Kacperska (1985) en un estudio con el cultivo de gerbera 'Peter', con una solución nutritiva con  $140 \text{ mg L}^{-1}$  de N,  $30 \text{ mg L}^{-1}$  de P,  $175 \text{ mg L}^{-1}$  de K con N, P y K ( $140, 30, 175 \text{ mg L}^{-1}$ ) respectivamente, se observó que al duplicar estas cantidades se redujo el rendimiento de flor obteniendo concentraciones óptimas en el tejido de 2.52 y 2.76 % de N, 0.32 – 0.42 % de P y 3.75 a 5.09 % de K.

Toledo (1997) estudió el efecto de cinco concentraciones de fósforo en la solución nutritiva (0, 10, 20, 50, y 100 ppm) para el cultivo del *Lilium* híbrido Asiático cultivar Eurovisión, los resultados mostraron que el incremento en la concentración de fósforo provocó incrementos estadísticamente significativos en el peso seco de hojas, raíz, tallo e inflorescencia, así como en el diámetro apical del tallo y el calibre y peso del bulbo. También se observó que el incremento de fósforo en la solución nutritiva causó un incremento en la concentración de nitrógeno, fósforo y calcio en las hojas de las plantas. Las concentraciones de 50 y 100 ppm de fósforo fueron las que produjeron los mayores incrementos en las variables antes mencionadas.

Lee y Choi *et al.*, (2005) señalan que cuando utilizaron concentraciones de 0, 0.5 y 1.0 mM de  $\text{P}_2\text{O}_5$  en la solución fertilizante, obtuvieron en la parte aérea de *Lilium* híbrido Oriental cv. Casa Blanca 16.0, 16.4 y 21.0 g de peso seco

respectivamente. El mayor peso fresco fue logrado con 1.0 mM de  $P_2O_5$ ; dichos resultados estuvieron acordes con la concentración de P en el tejido, con 1.0 mM de  $P_2O_5$  la concentración fue de 0.24 % de P.

### **3.8 Interacción de $N-NH_4^-$ y presión osmótica**

Bugarin (1998b) hizo estudios sobre el efecto de tres niveles de  $N-NH_4^+$ : 1.5, 3.0 y 4.5 me  $L^{-1}$  en la solución nutritiva y tres presiones osmóticas 0.54, 0.72 y 0.90 atm. Los resultados mostraron diferencias significativas por efecto de la presión osmótica empleando una determinada concentración de amonio y dichos efectos tuvieron lugar primordialmente ante el cambio de 0.54 a 0.72 atm, para N y P al utilizar 1.5 me  $L^{-1}$  de  $N-NH_4^+$  en la solución nutritiva, así como para K a 4.5, Ca a 3.0 y Mg a 3.0 me  $L^{-1}$  de  $N-NH_4^+$  respectivamente; debe notarse que en el caso de N la diferencia significativa tuvo lugar entre 0.54 y 0.9 atm. Dichos resultados demuestran que con la presión osmótica de 0.54 atm tuvo lugar una extracción mayor con relación a la de 0.72 atm en el caso de K, Ca y Mg y lo contrario ocurrió con N y P.

Auge (1990) estudió la presión de turgencia y el potencial osmótico de saturación en plantas de *Rosa rugosa* cultivadas en arcilla montmorillonita. Con cada riego recibieron (como sales inorgánicas, en ppm.) 100 de K, 67 de P, 56 de S, 50 de Ca y 33 de Mg, más elementos traza y 3 niveles de N: 0, 200 o 500 ppm de N aplicado como  $NH_4NO_3$ , después de 60 días estuvieron sujetas o no a varios ciclos de sequía bajo cultivo protegido por 22 días, las plantas que no recibieron N estuvieron enanas y cloróticas, pero tuvieron la presión de turgencia de saturación al tope más grande y la osmolalidad simplástica y el potencial osmótico de saturación al tope más bajo, después de la sequía. Estas plantas también mantuvieron la turgencia más alta a través de un intervalo de potenciales de agua de la hoja y contenido relativo de agua. El contenido de agua de la hoja en la turgencia mayor y contenido relativo de agua en el punto de pérdida de turgencia fueron también más bajos en plantas sin N. Las proporciones de agua, fueron

similares para los tratamientos de 200 y 500 ppm de N bajo ambas condiciones de riego saturado y sequía.

### **3.9 Interacción de $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ y $\text{N-NH}_4^-$**

Bugarín (1998b), al probar en cultivo de tres variedades de crisantemo, Puma Sunflower, Improved y Sunshine, tres niveles de  $\text{N-NH}_4^-$  (1.5, 3.0 y 4.5 me  $\text{L}^{-1}$ ) y dos niveles de  $\text{N-NO}_3^-$  (10.5 y 13.5 me  $\text{L}^{-1}$ ) interactuando con tres niveles de presión osmótica (0.54, 0.72 y 0.9 atm); con respecto a la extracción total de P en las hojas, encontró una disminución significativa ( $\alpha \leq 0.05$ ) al incrementar la proporción de amonio en la solución nutritiva. Las hojas basales absorbieron mayor cantidad de fósforo que las apicales, producto de mayor concentración de P en esa región, mencionando que es probable que la disminución en la absorción de fósforo haya ocurrido como consecuencia de incrementarse la absorción y asimilación de  $\text{N-NH}_4^+$  por las plantas, requiriéndose menor gasto de energía en forma de ATP (5 ATP  $\text{mol}^{-1}$  de  $\text{N-NH}_4^+$ ) y consecuentemente de P. En Cambio, la reducción y asimilación de  $\text{N-NO}_3^-$  tiene un costo energético estimado de 15 a 16 ATP  $\text{mol}^{-1}$  de  $\text{N-NO}_3^-$  (Salsac et al, 1987). Una solución nutritiva con presión osmótica baja y sin amonio puede presentar problemas para la absorción de P (Gutierrez, 1997; Flores, 1999; Martínez, 1999) porque es insuficiente.

### **3.10 ¿Por qué estudiar el $\text{N-NH}_4^+$ como una relación $\text{N-NH}_4^+$ : suma de cationes?.**

En este trabajo de investigación se plantea:

Estudiar el amonio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) en la relación de cationes. Se proponen tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  : 0, 12.5 y 25.0 mmol<sub>c</sub>.  $\text{L}^{-1}$  adicional al N presente en la solución nutritiva.

El  $\text{N-NO}_3^- = 12 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  permanece constante y corresponde a la solución universal Steiner (cuando la presión osmótica es de 0.72 atm.).

El nitrógeno total es variable, proviene de la suma de  $\text{N-NH}_4^+$  y  $\text{N-NO}_3^-$ .

El Cuadro 1 presenta un factorial completo  $3^3$  donde se estudian tres niveles de  $\text{N-NO}_3^-$  y tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$ , con el se trata de explicar como se plantea la presente investigación y como realizan otros investigadores los estudios de  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$ .

**Cuadro 1.** Factorial resultante al estudiar  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$  en la solución nutritiva.

| $\text{NO}_3^-$ | $\text{NH}_4^+$ $\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ adicional |    |    |
|-----------------|---|----|----|
|                 | 0   | 2  | 4  |
| 10              | 10  | 12 | 14 |
| 12*             | 12  | 14 | 16 |
| 14              | 14  | 16 | 18 |

\*  $\text{N-NO}_3^- = 12 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$  es el valor de la solución nutritiva Steiner a 0.72 atm

Para nuestro caso particular se desea determinar si la planta demanda  $\text{N-NH}_4^+$  adicional al  $\text{N-NO}_3^-$ , el cual supuestamente cubre el requerimiento de N de la planta (hilera  ).

Otros trabajos de investigación plantean el estudio de únicamente los valores de nitrógeno total (Nt) ubicados en la diagonal en el Cuadro 1; aquí el Nt es constante  $\bigcirc$  . En un estudio sobre efectos de  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$  sobre la fisiología de la planta es necesario estudiar el factorial completo con el fin de observar tres cosas: el efecto del  $\text{N-NO}_3^-$ , el efecto del  $\text{N-NH}_4^+$  y la interacción de ambos.

Los trabajos de otros investigadores comúnmente presentan sus valores en estudio en forma de dos columnas donde la suma de las hileras se mantiene constante, siendo éste valor el Nt, como lo muestra el Cuadro 2.

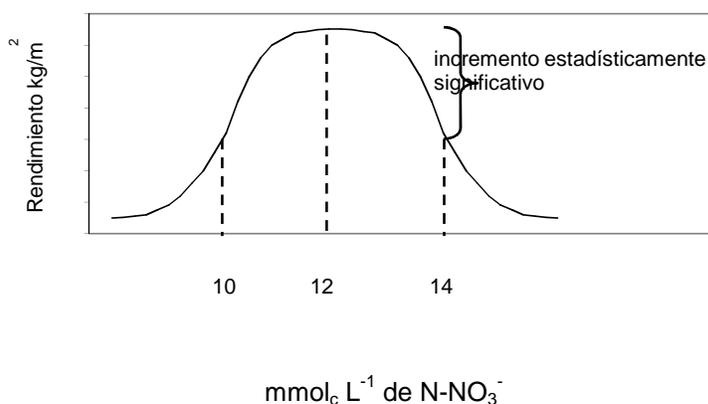
**Cuadro 2.** Estudio de tres niveles de  $\text{N-NO}_3^-$  y tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$ .

|  |                   | $\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ |    |
|--|-------------------|-------------------------------------|----|
|  | $\text{N-NO}_3^-$ | $\text{N-NH}_4^+$                   | Nt |
|  | 10                | 4                                   | 14 |
|  | 12                | 2                                   | 14 |
|  | 14                | 0                                   | 14 |

Para mantener esta equivalencia, a todo incremento de  $\text{N-NO}_3^-$  corresponde una disminución de  $\text{N-NH}_4^+$  y viceversa; esta situación puede dar lugar a una interpretación con “sesgo” sobre la respuesta al N como complemento o adicional al que originalmente tiene la solución nutritiva.

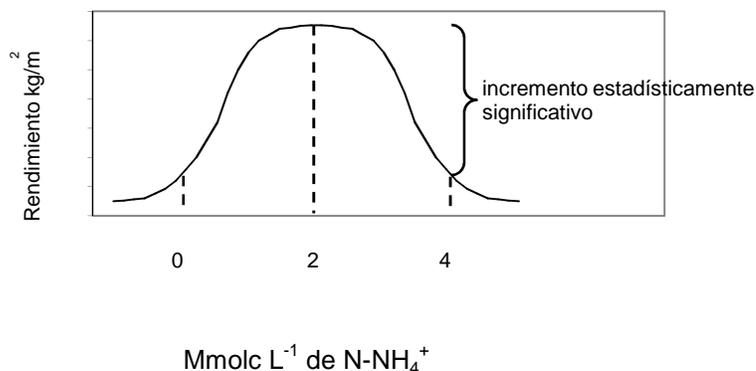
En estos trabajos no se toma en cuenta la concentración iónica total o presión osmótica de la solución nutritiva, dando lugar nuevamente a una interpretación con “sesgo”.

Por otra parte los resultados obtenidos se interpretan como una interacción no significativa de  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$  cuando unicamente son efectos simples como se ilustra en las Figuras 1 y 2 .



**Figura 1.** Efecto simple del  $\text{N-NO}_3^-$  sobre el rendimiento  $\text{kg m}^{-2}$  (adaptado de Preciado, *et al* 2002; González, *et al* 2009).

La Figura 1 muestra el efecto simple del  $\text{N-NO}_3^-$  en la solución nutritiva, teniendo en  $12 \text{ mmolc L}^{-1}$  el punto de mayor rendimiento  $\text{kg m}^{-2}$  mostrando un incremento estadísticamente significativo con respecto al nivel  $10 \text{ mmolc L}^{-1}$  de  $\text{N-NO}_3^-$ .



**Figura 2.** Efecto simple del  $\text{N-NH}_4^+$  sobre el rendimiento  $\text{kg m}^{-2}$  (adaptado de Ganmore y Kafkafi, 1980).

La Figura 2 muestra el efecto simple del  $\text{N-NH}_4^+$  en la solución nutritiva, donde  $2 \text{ mmolc L}^{-1}$  es el punto de máximo rendimiento, se observa un incremento estadísticamente significativo el cual se considera debido al  $\text{N-NH}_4^+$  adicional al efecto del  $\text{N-NO}_3^-$ .

Como se puede observar, los estudios sobre  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$  en conjunto que plantean otros investigadores como Cao y Tibbits, 1993; Arnoz y Barneix, 1989; Griffith y Streeter, 1994; Sandoval *et al.*, 1994; Cao y Tibbits, 1994; Barber *et al.* 1994; Sandoval *et al.*, 1995 pueden ser efectos simples de estos factores ( $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$ ) y no la interacción como suele plantearse. Para poder interpretar efectos de interacción de factores es necesario estudiar todos los tratamientos del factorial que muestra el Cuadro 1; sin embargo, esto generalmente no se hace por parte de otros investigadores.

La presente investigación contempla el estudio del  $\text{N-NH}_4^+$  adicional a los  $12 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  que ya tiene la solución nutritiva, no estudia niveles de  $\text{N-NO}_3^-$ ; pero sí, en cambio, estudia niveles de iones  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dadas ciertas particularidades del cultivo del *Lilium*. Como es el caso de Toledo (1997) al probar cinco concentraciones de fósforo en la solución nutritiva (0, 10, 20, 50 y 100 ppm) para el cultivo de *Lilium* híbrido Asiático, los resultados mostraron que el incremento en la concentración de fósforo provocó incrementos significativos en las variables respuesta estudiadas.

Se usa la solución nutritiva universal Steiner debido a que la relación mutua de aniones y relación mutua de cationes ha sido estudiada en diferentes cultivos. Se determina la presión osmótica más apropiada de acuerdo al ambiente y época del año en que se desarrolla el cultivo, condición que establece Steiner para el uso de dicha solución.

### **3.11 ¿Por qué estudiar el $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ como una relación $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ : suma de aniones?**

En el presente trabajo de investigación se estudian tres niveles de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la relación de aniones, 0.8, 1.2 y  $1.6 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ .

Para el caso particular, los incrementos del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  a la solución nutritiva son hechos a costa de una disminución de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{=}$ , manteniendo constante la relación catiónica universal de la solución de Steiner.

La concentración iónica total o presión osmótica se mantiene constante a 0.72 atm al incrementar el  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva.

El  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  puede ser proporcionado por diferentes sales de acuerdo al catión acompañante como se muestra a continuación.

|                           |                  |                                      |
|---------------------------|------------------|--------------------------------------|
| Ión                       | Cación           | Sal                                  |
| $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ | $\text{K}^+$     | $\text{KH}_2\text{PO}_4$             |
|                           | $\text{Ca}^{++}$ | $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ |
|                           | $\text{Mg}^{++}$ | $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ |
|                           | $\text{NH}_4$    | $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$   |

El uso del Método Universal Steiner que se está proponiendo considera como ión acompañante no sólo el ión de la sal que se adiciona sino los tres cationes  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  los cuales están presentes en la solución nutritiva en una relación mutua 35, 45 y 20 %, la cual es considerada universal.

Para realizar los cálculos del ión  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución, se utilizó la solución nutritiva universal Steiner a 0.72 atm de presión osmótica, la cual se muestra en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Solución nutritiva universal Steiner

| $\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$           |                           |                   |   |                  |                  |
|---|---------------------------|-------------------|---|------------------|------------------|
| $\text{NO}_3^-$                               | $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ | $\text{SO}_4^{=}$ | $\text{K}^+$                                  | $\text{Ca}^{++}$ | $\text{Mg}^{++}$ |
| 12  | 1                         | 7                 | 7   | 9                | 4                |
| 60  | 5                         | 35                | 35  | 45               | 20 %             |
| $\Sigma A = 20 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ |                           |                   | $\Sigma C = 20 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ |                  |                  |

La relación tanto de aniones como de cationes que presenta se considera universal por los resultados positivos obtenidos en diferentes cultivos por el mismo Steiner.

La solución de Steiner tiene una concentración iónica total de 30 mM cuando la presión osmótica es de 0.72 atm, la suma de aniones como de cationes es de  $20 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$

El Cuadro 4 trata de ejemplificar los cálculos de los incrementos del ión  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  a la solución nutritiva cuando se desea estudiar el efecto de este ión, como es el caso de la presente investigación. Para apreciar mejor este ejemplo se dan valores del ión  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  diferentes al usado por Steiner.

**Cuadro 4.** Solución nutritiva de Steiner modificada por incrementos de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la relación de aniones.

| $\text{NO}_3^-$                               |       | $\text{H}_2\text{PO}_4^{*-}$ |      | $\text{SO}_4^{=}$ |      | $\text{K}^+$                                  |      | $\text{Ca}^{++}$ |      | $\text{Mg}^{++}$ |      | P.O. |
|---|-------|------------------------------|------|-------------------|------|---|------|------------------|------|------------------|------|------|
| A   | B     | A                            | B    | A                 | B    | A   | B    | A                | B    | A                | B    |      |
| 12.0  | 12.0  | 1.0                          | 1.0  | 7.0               | 7.0  | 7.0   | 7.0  | 9.0              | 9.0  | 4.0              | 4.0  | 0.72 |
| 11.68   | 11.64 | 1.5                          | 1.49 | 6.81              | 6.79 | 7.0   | 6.97 | 9.0              | 8.97 | 4.0              | 3.98 | 0.72 |
| 11.36   | 11.26 | 2.0                          | 1.98 | 6.63              | 6.59 | 7.0   | 6.95 | 9.0              | 8.94 | 4.0              | 3.97 | 0.72 |
| $\Sigma A = 20 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ |       |                              |      |                   |      | $\Sigma C = 20 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ |      |                  |      |                  |      |      |

A: Proporción propuesta  
B: Concentración real después del ajuste para igualar P.O.

La primer columna de cada ión contiene los valores originales y la segunda los valores ajustados por presión osmótica a 0.72 atm.

En el Cuadro 4 se observa que los tres tratamientos son ajustados a una misma presión osmótica. Esto tiene como objetivo que los resultados obtenidos puedan ser adjudicados a los incrementos del ión en estudio y no a diferencias por presión osmótica de los tratamientos.

Otros investigadores para realizar estudios sobre incrementos de fósforo en la solución nutritiva no consideran lo anterior.

Por una parte no toman en cuenta el efecto del ión acompañante de la sal usada y los resultados son adjudicados únicamente al  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , Steiner (1961). Como se señaló anteriormente el ión acompañante puede ser el  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  ó  $\text{NH}_4^+$ , dependiendo de la sal que se esté usando. En cambio cuando se usa el Método Universal Steiner para preparar las soluciones nutritivas no es uno sólo el ión acompañante sino los tres cationes  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , los cuales están

presentes en la solución nutritiva en una relación mutua de la relación universal de Steiner 35, 45 y 20 %.

También otros trabajos de investigación no toman en cuenta que los incrementos del ión  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  o de otros iones provocan también incrementos en la concentración iónica total o presión osmótica y nuevamente los resultados obtenidos pueden presentar un “sesgo” en su interpretación, el cual puede ser adjudicado a un incremento del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  cuando en realidad es debido a un incremento en la presión osmótica como se muestra en el Cuadro 5.

**Cuadro 5.** Incrementos de presión osmótica al adicionar una sal a la solución nutritiva.

| Sal | $\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ |              |                           | P. O. de la sol. sin incremento (atm) | P.O. de la sol. actual (atm) |                |
|-----|-------------------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------------------|------------------------------|----------------|
|     | $\text{KH}_2\text{PO}_4$            | $\text{K}^+$ | $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ |                                       |                              | $\Sigma$ iones |
| 1   | 1                                   | 1            | 1                         | 2                                     | X                            | X+0.048        |
| 2   | 2                                   | 2            | 2                         | 4                                     | X                            | X+0.096        |
| 3   | 3                                   | 3            | 3                         | 6                                     | X                            | X+0.144        |

$$\text{P.O.} = 0.024 \times \Sigma \text{ de iones (mM)}$$

En los cálculos realizados anteriormente debe observarse que la adición de una sal a la solución nutritiva proporciona cantidades iguales de cationes y aniones y por consiguiente cambios en la presión osmótica.

El efecto anterior adquiere mayor importancia cuando el incremento es el mayor, por ejemplo  $12 + 6 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$

Steiner (1968), indica que cambios en la presión osmótica del orden de 0.2 atm podría implicar diferencias significativas en el rendimiento.

La respuesta significativa al incremento en los niveles de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en el estudio implicaría solamente efecto del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y no a efectos debidos al ión acompañante, en este caso  $\text{K}^+$  o bien a cambios en la presión osmótica.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Localización del experimento

El trabajo de investigación se estableció en un invernadero de vidrio, del Colegio de Postgraduados en Montecillo, México, que se encuentra a una altitud de 2250 msnm. El cultivo se estableció durante la temporada invernal. Para evitar temperaturas nocturnas bajas que pudieran dañar o retrasar el desarrollo del cultivo se colocaron dos calentadores eléctricos 16-H-252 marca Travel aire, que se encendían a las 5:00 p m. La temperatura mínima registrada fue de 8 °C durante la noche y la máxima fue de 27°C durante el día, la temperatura promedio fue de 20 °C durante el día. No se midió el nivel de luz durante el cultivo.

### 4.2. Material vegetal

Se usaron bulbos de *Lilium* híbrido Asiático calibre 12-14, de los cultivares Mentón y Brunelo adquiridas en la Empresa COXFLO, establecida en Villa Guerrero Edo. de México.

### 4.3. Sustrato

El sustrato o medio de cultivo fue una toba volcánica, conocida localmente como tezontle rojo, el cual se cribó en una malla calibre 2x2, para obtener granulometría comprendida entre 1 a 7 mm de diámetro. El tezontle presentó en términos generales una retención de humedad de 159 ml de agua por cada litro de sustrato regado y después drenado, una densidad aparente de 1.09 g cm<sup>-3</sup> y un porcentaje de porosidad del 52 %, de acuerdo con información obtenida por Lara (1998) al cultivar jitomate y usar un sustrato muy similar al utilizado para este trabajo, éste fue lavado con agua potable para eliminar los polvos adheridos a las partículas grandes.

#### 4.4. Sistema Hidropónico

El sistema hidropónico empleado correspondió al de circuito cerrado, abasteciendo la solución nutritiva por subirrigación. El sistema estuvo integrado por dos recipientes o contenedores de plástico muy resistente, con capacidad de 20 litros cada uno, éstos se unieron entre sí en la parte basal mediante mangueras de plástico transparente de 1.0 cm de diámetro. Uno de los recipientes sirvió para establecer la plantación y el otro para la solución nutritiva, la unión mediante la manguera fue con el fin de realizar el abastecimiento y recuperación de la solución nutritiva una vez drenada. Los recipientes se cubrieron completamente en su exterior con pintura de esmalte negro para evitar el desarrollo de algas en el sustrato y en la solución nutritiva. Con el mismo propósito se taparon los recipientes de las soluciones con una película de polietileno negro.

#### 4.5. Plantación

Con respecto a la plantación de bulbos, ésta se realizó una vez desinfectados los mismos con fungicidas, ya que el *Lilium* es muy susceptible a sufrir fuertes ataques de *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora* y *Pythium*. Se usó Captan (Orthodifolathan 4F)  $1 \text{ g L}^{-1}$  más benlate (Benomilo)  $1 \text{ g L}^{-1}$ , este tratamiento se hizo por inmersión durante 10 minutos. La profundidad de plantación fue de 8 cm de acuerdo con lo recomendado por el Centro Internacional de Bulbos de Flor, s.f.; Se colocaron cuatro bulbos por recipiente hidropónico dispuestos en marco real, dos de cada variedad tratando que su colocación quedara equidistante.

#### 4.6. Soluciones nutritivas

Se estudiaron tres niveles de cada uno de tres factores, de  $\text{N-NH}_4^+$  de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y de presión osmótica (potencial osmótico), tomando como base la solución nutritiva de Steiner (1984), con una presión osmótica de 0.72 atmósferas y una concentración en  $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$  como lo muestra el Cuadro 6.

**Cuadro 6.** Composición química de la solución nutritiva de Steiner en  $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ .

| $\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$                       |                           |                   |   |                  |                  |
|---|---------------------------|-------------------|---|------------------|------------------|
| Aniones   |                           |                   | Cationes  |                  |                  |
| $\text{NO}_3^-$   | $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ | $\text{SO}_4^{=}$ | $\text{K}^+$  | $\text{Ca}^{++}$ | $\text{Mg}^{++}$ |
| 12  | 1                         | 7                 | 7   | 9                | 4                |
| 60  | 5                         | 35                | 35  | 45               | 20 %             |
| $\Sigma \text{A} = 20 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ |                           |                   | $\Sigma \text{C} = 20 \text{ mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$ |                  |                  |

A partir de esta solución se hicieron las modificaciones correspondientes para obtener los tratamientos en estudio.

#### 4.7. La presión osmótica

Un factor de estudio fue la presión osmótica, la cual para la discusión de resultados se tomó como potencial osmótico de la solución nutritiva. Para lograr su determinación se respetó la relación mutua entre los iones que correspondieron a cada tratamiento, haciendo los ajustes por presión osmótica de acuerdo con el nivel estudiado.

#### 4.8. Preparación de las soluciones nutritivas

Para la preparación de las soluciones nutritivas se utilizó agua potable, acidulada a un pH de 5.5 con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  industrial. Los nutrientes fueron abastecidos por medio de reactivos grado analítico; se preparon soluciones madre (stock) de cada uno de ellos. Para proporcionar los micronutrientes se preparó una solución madre de acuerdo a la formula indicada en el Cuadro 7.

**Cuadro 7.** Solución madre de micronutrientos a partir de sales grado reactivo. (concentrada para 1000 L de solución nutritiva).

| Elemento | Concentración (ppm) | Fuente                               |
|----------|---------------------|--------------------------------------|
| Mn       | 1600                | MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O  |
| B        | 875                 | H <sub>3</sub> BO <sub>4</sub>       |
| Zn       | 23                  | ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O |
| Cu       | 11                  | CuSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O  |

De esta solución se añadió 1 ml por cada litro de solución nutritiva. Como puede observarse a la solución de micronutrientos indicada le falta Fe<sup>+</sup>, éste fue abastecido por medio de otra solución madre que contenía este elemento. Cada litro de esta solución tuvo 4000 ppm de Fe<sup>+</sup>, como fierro quelatado, en una solución a partir de FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O y sal disódica del ácido etilen-diamino-tetracético (Fe-EDTA) (Steiner y Winden, 1970), de esta solución se usarón 2 ml por cada litro de solución nutritiva.

#### 4.9. Control de pH

Las soluciones nutritivas durante el ciclo de cultivo se mantuvieron con un pH de 5.0-5.5, ya que de acuerdo con Steiner (1961) en un pH 5.0 prácticamente todo el fosfato está presente como H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> que es una forma fácilmente absorbida por la planta. Es frecuente que las soluciones nutritivas tiendan a alcalinizarse a través de los días por lo que se acidularon diariamente con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> industrial; de llegar a tenerse soluciones ácidas, éstas se llevaron al pH deseado usando NaOH 1N. Para determinar el pH de las soluciones se dispuso de un potenciómetro portátil, con electrodo de vidrio de lectura digital con precisión de centésimas.

#### **4.10. Reposición del agua transpirada**

Con el fin de mantener la composición química de la solución nutritiva, diariamente se repuso el agua absorbida por la planta, se usó agua potable acidulada, manteniéndolo siempre un volumen constante de 14.0 litros en los contenedores. El agua de reposición fue para reponer el agua absorbida, transpirada o agua usada para la formación de tejidos de la planta. Se evitó la evaporación de la solución nutritiva en los contenedores manteniéndolos tapados.

#### **4.11. Tipo y frecuencia de riego**

El abastecimiento de la solución nutritiva se hizo una vez al día, a las 8:30 a.m. La selección de este horario permitió mantener húmedo el sustrato durante las horas de mayor insolación y por lo tanto facilitó la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Se usó el método de riego por subirrigación, para ello se levantaba el contenedor de solución nutritiva sobre el nivel del contenedor del cultivo, permitiendo el flujo de la solución a través de una manguera que unía ambos contenedores, una vez observado el espejo de la solución nutritiva sobre el sustrato, se bajaba el contenedor de la solución nutritiva a un nivel más bajo que el contenedor del cultivo y la solución nutritiva retornaba por gravedad a su lugar de origen.

#### **4. 12. Tratamientos y diseño experimental**

Se estudiaron tres concentraciones de  $\text{N-NH}_4^+$  y tres concentraciones de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , así como tres presiones osmóticas o potencial osmótico de la solución nutritiva, de acuerdo al Cuadro 8.

**Cuadro 8.** Factores y niveles de concentración de  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y potencial osmótico (O) de las soluciones nutritivas.

| Factores                                 | Niveles |      |     |
|--|---------|------|-----|
|  | 1       | 2    | 3   |
| $\text{N-NH}_4^+$ % <sup>1</sup>         | 0       | 12.5 | 25  |
| $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ % <sup>2</sup> | 80      | 120  | 160 |
| O KPa                                    | -30     | -50  | -70 |

(<sup>1</sup>) % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva.

(<sup>2</sup>) % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución Steiner

La combinación de los factores y niveles de estudio dió un total de 27 tratamientos los cuales se presentan en el Cuadro 9. Se planteó en este trabajo un diseño estructural de tratamientos en un factorial completo  $3^3$ , con una distribución de tratamientos completamente al azar, teniendo cada tratamiento dos repeticiones, con dos bulbos de cada variedad en cada repetición.

**Cuadro 9.** Factorial 3<sup>3</sup> de los tratamientos de los factores y niveles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (N), H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (P) y potencial osmótico (O) estudiados en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido Asiático.

| Trat. | CLAVE  | FACTORES  |  |         |
|-------|--|---|--|---------|
|       |  | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (%) <sup>2</sup> | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (%) <sup>1</sup> | O (KPa) |
| 1     | N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> O <sub>1</sub> | 0   | 80   | -30     |
| 2     | N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> O <sub>1</sub> | 0   | 120  | -30     |
| 3     | N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> O <sub>1</sub> | 0   | 160  | -30     |
| 4     | N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> O <sub>1</sub> | 12.5  | 80   | -30     |
| 5     | N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>1</sub> | 12.5  | 120  | -30     |
| 6     | N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> O <sub>1</sub> | 2.5   | 160  | -30     |
| 7     | N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> O <sub>1</sub> | 25.0  | 80   | -30     |
| 8     | N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> O <sub>1</sub> | 25.0  | 120  | -30     |
| 9     | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> O <sub>1</sub> | 25.0  | 160  | -30     |
| 10    | N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> O <sub>2</sub> | 0   | 80   | -50     |
| 11    | N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 0   | 120  | -50     |
| 12    | N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> O <sub>2</sub> | 0   | 160  | -50     |
| 13    | N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> O <sub>2</sub> | 12.5  | 80   | -50     |
| 14    | N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 12.5  | 120  | -50     |
| 15    | N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> O <sub>2</sub> | 12.5  | 160  | -50     |
| 16    | N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> O <sub>2</sub> | 25.0  | 80   | -50     |
| 17    | N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | 25.0  | 120  | -50     |
| 18    | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> O <sub>2</sub> | 25.0  | 160  | -50     |
| 19    | N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> O <sub>3</sub> | 0   | 80   | -70     |
| 20    | N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0   | 120  | -70     |
| 21    | N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> O <sub>3</sub> | 0   | 160  | -70     |
| 22    | N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> O <sub>3</sub> | 12.5  | 80   | -70     |
| 23    | N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12.5  | 120  | -70     |
| 24    | N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> O <sub>3</sub> | 12.5  | 160  | -70     |
| 25    | N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> O <sub>3</sub> | 25.0  | 80   | -70     |
| 26    | N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 25.0  | 120  | -70     |
| 27    | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> O <sub>3</sub> | 25.0  | 160  | -70     |

<sup>(1)</sup> % de la concentración del H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución Steiner

<sup>(2)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva

Cada tratamiento fue una solución nutritiva, los cálculos realizados para obtener las diferentes soluciones, como anteriormente se señaló, se basaron en la metodología de Steiner (1961) para preparar una solución nutritiva de cierta composición deseada. Se utilizó agua potable a pH de 5-5.5 en la preparación de dichas soluciones y las sales empleadas fueron grado reactivo. El Cuadro 10 muestra la composición química de las soluciones y el Cuadro 11 las sales usadas para preparar las soluciones madre o “stock”, de las cuales se tomaron los mililitros necesarios para obtener el volumen deseado de solución nutritiva a preparar.

**Cuadro 10.** Composición química de las soluciones nutritivas de los tratamientos estudiados en el cultivo hidropónico de *Lilium* híbrido Asiático.

| TRA | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | O   | mmol·L <sup>-1</sup>         |   |                              |                |                  |                  |                              |
|-----|---|------------------------------|-----|------------------------------|---|------------------------------|----------------|------------------|------------------|------------------------------|
|     | % <sup>(1)</sup>                            | % <sup>(2)</sup>             | KPa | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> | K <sup>+</sup> | Ca <sup>++</sup> | Mg <sup>++</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> |
| T1  | 80  | 0.0                          | -30 | 5.0589                       | 0.3337                                      | 2.9511                       | 2.9203         | 3.7546           | 1.6688           | 0.0                          |
| T2  | 120   | 0.0                          | -30 | 4.9418                       | 0.4994                                      | 2.8828                       | 2.9134         | 3.7458           | 1.6648           | 0.0                          |
| T3  | 160   | 0.0                          | -30 | 4.8243                       | 0.6642                                      | 2.8141                       | 2.9059         | 3.7362           | 1.6605           | 0.0                          |
| T4  | 80  | 12.5                         | -30 | 4.9255                       | 0.3249                                      | 2.8729                       | 2.4884         | 3.1989           | 1.4218           | 1.0142                       |
| T5  | 120   | 12.5                         | -30 | 4.8114                       | 0.4862                                      | 2.8062                       | 2.4815         | 3.1904           | 1.4178           | 1.0141                       |
| T6  | 160   | 12.5                         | -30 | 4.6971                       | 0.6466                                      | 2.7397                       | 2.4743         | 3.1812           | 1.4138           | 1.0141                       |
| T7  | 80  | 25.0                         | -30 | 4.7892                       | 0.3159                                      | 2.7934                       | 2.0743         | 2.6668           | 1.1852           | 1.9722                       |
| T8  | 120   | 25.0                         | -30 | 4.6874                       | 0.4736                                      | 2.7342                       | 2.0717         | 2.6637           | 1.1838           | 1.9760                       |
| T9  | 160   | 25.0                         | -30 | 4.5768                       | 0.6301                                      | 2.6693                       | 2.0650         | 2.6550           | 1.1798           | 1.9764                       |
| T10 | 80  | 0.0                          | -50 | 8.4314                       | 0.5562                                      | 4.9183                       | 4.8671         | 6.2576           | 2.7812           | 0.0                          |
| T11 | 120   | 0.0                          | -50 | 8.2364                       | 0.8324                                      | 4.8045                       | 4.8557         | 6.2430           | 2.7746           | 0.0                          |
| T12 | 160   | 0.0                          | -50 | 8.0405                       | 1.1070                                      | 4.6902                       | 4.8432         | 6.2270           | 2.7675           | 0.0                          |
| T13 | 80  | 12.5                         | -50 | 8.2096                       | 0.5415                                      | 4.7882                       | 4.1475         | 5.3316           | 2.3698           | 1.6904                       |
| T14 | 120   | 12.5                         | -50 | 8.0181                       | 0.8102                                      | 4.6761                       | 4.1353         | 5.3166           | 2.3626           | 1.6899                       |
| T15 | 160   | 12.5                         | -50 | 7.8288                       | 1.0777                                      | 4.5663                       | 4.1240         | 5.3022           | 2.3565           | 1.6902                       |
| T16 | 80  | 25.0                         | -50 | 7.9983                       | 0.5275                                      | 4.6649                       | 3.4642         | 4.4536           | 1.9792           | 3.2937                       |
| T17 | 120   | 25.0                         | -50 | 7.8128                       | 0.7893                                      | 4.5570                       | 3.4530         | 4.4396           | 1.9730           | 3.2935                       |
| T18 | 160   | 25.0                         | -50 | 7.6279                       | 1.0501                                      | 4.4486                       | 3.4416         | 4.4248           | 1.9663           | 3.2939                       |
| T19 | 80  | 25.0                         | -70 | 11.8037                      | 0.7787                                      | 6.8856                       | 6.8138         | 8.7606           | 3.8936           | 0.0                          |
| T20 | 120   | 0.0                          | -70 | 11.5296                      | 1.1652                                      | 6.7258                       | 6.7972         | 8.7393           | 3.8841           | 0.0                          |
| T21 | 160   | 0.0                          | -70 | 11.2567                      | 1.5498                                      | 6.5664                       | 6.7805         | 8.7178           | 3.8746           | 0.0                          |
| T22 | 80  | 12.5                         | -70 | 11.4931                      | 0.7581                                      | 6.7033                       | 5.8064         | 7.4640           | 3.3176           | 2.3665                       |
| T23 | 120   | 12.5                         | -70 | 11.2253                      | 1.1342                                      | 6.5465                       | 5.7894         | 7.4432           | 3.3076           | 2.3658                       |
| T24 | 160   | 12.5                         | -70 | 10.9604                      | 1.5088                                      | 6.3927                       | 5.7736         | 7.4230           | 3.2990           | 2.3663                       |
| T25 | 80  | 25.0                         | -70 | 11.1978                      | 0.7386                                      | 6.5310                       | 4.8500         | 6.2352           | 2.7710           | 4.6112                       |
| T26 | 120   | 25.0                         | -70 | 10.9379                      | 1.1051                                      | 6.3797                       | 4.8342         | 6.2154           | 2.7622           | 4.6109                       |
| T27 | 160   | 25.0                         | -70 | 10.6790                      | 1.4701                                      | 6.2272                       | 4.8182         | 6.1946           | 2.7126           | 4.6114                       |

<sup>(1)</sup> % de la concentración del H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución Steiner

<sup>(2)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva

**Cuadro 11.** Cantidad de mililitros (mL) de las soluciones madre (preparadas con sales grado reactivo) para obtener un litro de solución nutritiva para el cultivo de *Lilium* híbrido Asiático.

| TRAT. | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup><br>% <sup>(1)</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>% <sup>(2)</sup> | O<br>KPa | MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O<br>1N | KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub><br>1N | CaNO <sub>3</sub> ·4H <sub>2</sub> O<br>1N | KNO <sub>3</sub><br>1N | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub><br>0.5N | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub><br>1N | NH <sub>4</sub> SO <sub>4</sub><br>1N |
|-------|---|--|----------|--|---------------------------------------|--|------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ml    |   |  |          |  |                                       |  |                        |  |                                       |                                       |
| T1    | 80  | 0.0  | -30      | 1.6688                                     | 0.3337                                | 3.7546                                     | 1.3043                 | 2.5646                                 |                                       |                                       |
| T2    | 120   | 0.0  | -30      | 1.6648                                     | 0.4994                                | 3.7458                                     | 1.1960                 | 2.4360                                 |                                       |                                       |
| T3    | 160   | 0.0  | -30      | 1.6605                                     | 0.6642                                | 3.7362                                     | 1.0881                 | 2.3072                                 |                                       |                                       |
| T4    | 80  | 12.5   | -30      | 1.4218                                     | 0.3249                                | 3.1989                                     | 1.7266                 | 0.8738                                 |                                       | 1.0142                                |
| T5    | 120   | 12.5   | -30      | 1.4178                                     | 0.4862                                | 3.1904                                     | 1.6210                 | 0.7486                                 |                                       | 1.0141                                |
| T6    | 160   | 12.5   | -30      | 1.4138                                     | 0.6466                                | 3.1812                                     | 1.5159                 | 0.6236                                 |                                       | 1.0141                                |
| T7    | 80  | 25.0   | -30      | 1.1852                                     | 0.3159                                | 2.6668                                     | 1.7584                 |  | 0.3640                                | 1.6082                                |
| T8    | 120   | 25.0   | -30      | 1.8380                                     | 0.4736                                | 2.6637                                     | 1.5981                 |  | 0.4256                                | 1.5504                                |
| T9    | 160   | 25.0   | -30      | 1.1798                                     | 0.6301                                | 2.6550                                     | 1.4349                 |  | 0.4869                                | 1.4895                                |
|       |   |  |          |  |                                       |  |                        |  |                                       |                                       |
| T10   | 80  | 0.0  | -50      | 2.7812                                     | 0.5562                                | 6.2576                                     | 2.1739                 | 4.2742                                 |                                       |                                       |
| T11   | 120   | 0.0  | -50      | 2.7746                                     | 0.8324                                | 6.2430                                     | 1.9934                 | 4.0598                                 |                                       |                                       |
| T12   | 160   | 0.0  | -50      | 2.7675                                     | 1.1070                                | 6.2270                                     | 1.8135                 | 3.8454                                 |                                       |                                       |
| T13   | 80  | 12.5   | -50      | 2.3698                                     | 0.5415                                | 5.3316                                     | 2.8780                 | 1.4560                                 |                                       | 1.6904                                |
| T14   | 120   | 12.5   | -50      | 2.3626                                     | 0.8102                                | 5.3166                                     | 2.7015                 | 1.2472                                 |                                       | 1.6899                                |
| T15   | 160   | 12.5   | -50      | 2.3564                                     | 1.0777                                | 5.3022                                     | 2.5266                 | 1.0394                                 |                                       | 1.6902                                |
| T16   | 80  | 25.0   | -50      | 1.9792                                     | 0.5275                                | 4.4536                                     | 2.9361                 |  | 0.6080                                | 2.6857                                |
| T17   | 120   | 25.0   | -50      | 1.9730                                     | 0.7893                                | 4.4396                                     | 2.6637                 |  | 0.7095                                | 2.5840                                |
| T18   | 160   | 25.0   | -50      | 1.9663                                     | 1.0501                                | 4.4248                                     | 2.3915                 |  | 0.8116                                | 2.4823                                |
|       |   |  |          |  |                                       |  |                        |  |                                       |                                       |
| T19   | 80  | 0.0  | -70      | 3.8936                                     | 0.7787                                | 8.7606                                     | 3.0431                 | 5.9840                                 |                                       |                                       |
| T20   | 120   | 0.0  | -70      | 3.8841                                     | 1.1652                                | 8.7393                                     | 2.7903                 | 5.6834                                 |                                       |                                       |
| T21   | 160   | 0.0  | -70      | 3.8746                                     | 1.5498                                | 8.7178                                     | 2.5389                 | 5.3836                                 |                                       |                                       |
| T22   | 80  | 12.5   | -70      | 3.3176                                     | 0.7581                                | 7.4640                                     | 4.0291                 | 2.0384                                 |                                       | 2.3665                                |
| T23   | 120   | 12.5   | -70      | 3.3076                                     |                                       | 7.4432                                     | 3.7821                 | 1.7462                                 |                                       | 2.3658                                |
| T24   | 160   | 12.5   | -70      | 3.2990                                     | 1.5088                                | 7.4230                                     | 3.5374                 | 1.4548                                 |                                       | 2.3663                                |
| T25   | 80  | 25.0   | -70      | 2.7710                                     | 0.7386                                | 6.2352                                     | 4.1114                 |  | 0.8512                                | 3.7600                                |
| T26   | 120   | 25.0   | -70      | 2.7622                                     | 1.1051                                | 6.2154                                     | 3.7291                 |  | 0.9934                                | 3.6175                                |
| T27   | 160   | 25.0   | 70       | 2.7526                                     | 1.4701                                | 6.1946                                     | 3.3481                 |  | 1.1363                                | 3.4751                                |

<sup>(1)</sup> % de la concentración del H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución Steiner

<sup>(2)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva

#### **4.13. Variables a evaluar**

Las variables respuesta que se determinaron fueron las siguientes:

- ❖ Durante el cultivo: longitud de tallo, diámetro de tallo en la parte basal y media, clorofila en la parte basal y superior de la planta, días a floración.
- ❖ Durante la cosecha: número de botones por inflorescencia, longitud de botón, longitud de inflorescencia, diámetro de flor, peso fresco de tallo, hojas e inflorescencia, peso seco de hojas, tallos e inflorescencia, calibre de bulbo, peso fresco y peso seco de bulbo.
- ❖ Después de la cosecha: días vida en florero, concentración de macronutrientes: N,P,K,Ca, Mg y micronutrientes: Fe, Mn, Zn, Cu y B, en tres órganos: tallo, hoja e inflorescencia.

#### **4. 14. Métodos para determinar las variables evaluadas**

- ❖ Contenido de clorofila. Se determinó usando el instrumento chlorophyll meter modelo SPAD-502
- ❖ Peso seco. Se colocaron los órganos de la planta (tallo, hojas, inflorescencia) a secado en estufa con circulación forzada de aire a una temperatura de 70° C hasta alcanzar peso constante.
- ❖ Días vida en florero. Los tallos florales se colocaron en un recipiente con agua potable en un cuarto habitación, con iluminación natural proveniente de una ventana, con temperatura aproximada entre 12-14 °C. Se cuantificaron los días a partir del corte de la flor hasta el inicio de la caída de los primeros pétalos.
- ❖ Para proceder a la determinación de la composición química del material vegetal, primero se molió éste en un molino tipo Wiley provisto con un tamiz malla 40, se hicieron los siguientes análisis:

- N-total, por el método micro-Kjeldahl modificado para incluir  $\text{NO}_3^-$  (Brearen y Mulvaney, 1982)
- Para P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu y B se hizo inicialmente una digestión húmeda convencional (Alcantar y Sandoval, 1999) para obtener los extractos y después se cuantificaron por medio del Programa de Intercalibración de Análisis de Suelos y Plantas (ICP-AES Plasma 96 Varian.).

#### **4.15. Análisis estadístico**

Los datos obtenidos de las variables respuesta se procesaron con el paquete estadístico SAS. Se realizaron análisis de varianza, comparaciones de medias (Tukey y Scheffé) y análisis de correlación.

Los Cuadros del ANOVA y pruebas de medias de Tukey se presentan en el apéndice (A), los Cuadros de las pruebas de medias de Scheffé forman parte de la discusión de resultados. Se observó que el comportamiento estadístico fue diferente cuando se analizaron los cultivares juntos a cuando se analizaron por separado, debido a que los cultivares de *Lilium* híbrido Asiático Mentón y Brunelo respondieron de forma diferente a los niveles de los factores en estudio. El cultivar Mentón fue poco sensible, en cambio el cultivar 'Brunelo' mostró una amplia respuesta como se apreció con los parámetros estadísticos empleados. Por lo cual en la discusión de resultados se incluye únicamente al cultivar Brunelo.

Las variables respuesta fueron agrupadas como a continuación se enlista:

##### **a) Variables fisiológicas.**

- Clorofila basal (CLOB) y superior (CLOS)

##### **b) Variables de crecimiento**

- Longitud de tallo 1(LT1)

- Diámetro medio 1 (DM1)
- Diámetro basal 1 (DB1)
- Longitud de tallo 2 (LT2)
- Diámetro medio 2 (DM2)
- Diámetro basal 2 (DB2)
- Longitud de tallo 3 (LT3)
- Diámetro medio 3 (DM3)
- Diámetro basal 3 (DB3)

**c) Variables de la cosecha**

- Longitud de tallo 4 (LT4)
- Longitud de inflorescencia (LI)
- Diámetro basal 4 (DB4)
- Diámetro medio 4 (DM4)
- Botones desarrollados (BD)
- Longitud de botón (LB)
- Días a floración (DFLO)
- Calibre de bulbo (CB)
- Peso fresco de tallo (PFRT)
- Peso fresco de hoja (PFH)
- Peso fresco de inflorescencia (PFRI)
- Peso seco de tallo (PST)
- Peso seco de hoja (PSH)
- Peso seco de inflorescencia (PSI)
- Peso fresco de bulbo (PFB)
- Peso seco de bulbo (PSB)

**d) Variables de poscosecha**

- Días vida en florero (DVFLO)

#### **e) Variables de nutrimentos**

- N (Nitrógeno) P (fósforo), K (potasio), Ca (calcio), Mg (magnesio), Fe (Hierro), Zn (Zinc) , Cu (Cobre), Mn (manganeso),

Los datos de las variables se presentan en los Cuadros del 1 al 73 del Apéndice.

#### **4.16. Sobre la discusión de resultados.**

Con el fin de interpretar los resultados obtenidos en esta investigación y poder relacionarlos con otras investigaciones, se hizo una revisión bibliográfica usando el servicio del Internet, inicialmente en el CAB ABSTRACS donde se seleccionaron varios resúmenes y después se obtuvieron artículos que incluían entre otros temas la nutrición o fertilización del *Lilium*. Los artículos revisados mostraban que las investigaciones realizadas no podían ser tomadas como una referencia de comparación, ya que en ciertos ensayos se usaban sustratos no inertes (lo cual no es hidroponía), en otros trabajos se investigaba un nutrimento en especial como factor de estudio en la solución nutritiva, pero a la vez se hacía variar otros nutrimentos o al menos el anión o catión acompañante del ión en estudio (procedente de la sal o fertilizante aplicado). Este hecho dificultaba interpretar el efecto del tratamiento aplicado; por ejemplo, si se estudiaba el efecto del  $\text{N-NO}_3^-$ , éste se aplicaba como  $\text{KNO}_3^-$  y la interpretación sólo se adjudicaba al  $\text{N-NO}_3^-$  cuando el ión acompañante, en este caso el  $\text{K}^+$  también había estado presente. Otros artículos más, también revisados, mostraban una clara omisión a los efectos de la presión osmótica de la solución nutritiva cuando se hacía variar la concentración de un ión en particular.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza de las variables fisiológicas y de crecimiento, cosecha y días vida en florero, de bulbo, hoja e inflorescencia se muestran en los Cuadros 1A, 2A y 3A, respectivamente. Debido a que los cultivares estudiados respondían en forma diferente y por tener diferencias morfológicas se hicieron análisis de varianza separados para cada cultivar. Para el mismo orden de variables, los resultados se muestran en los Cuadros 5A, 6A y 7A. La discusión se enfoca en el cultivar 'Brunelo' porque ahí se observó mayor sensibilidad a los factores estadísticos.

### 5.1 Efecto de la solución nutritiva

#### 5.1.1 Los factores en estudio

Los factores simples estudiados fueron: a) la concentración del ión  $\text{NH}_4^+$  dentro de la concentración de cationes; b) la concentración del ión  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dentro de la concentración de aniones y c) la presión osmótica de la solución nutritiva.

Los resultados más relevantes y consistentes del estudio fueron básicamente la interacción de los tres factores antes mencionados, en la concentración de varios nutrimentos en diversos órganos de la planta, como puede observarse al comparar los resultados de las interacciones en los Cuadros 12, 15 y 18, con respecto a los Cuadros 22A, 29A, 30A y 31A, motivo por el cual se discuten los resultados de los cuadros anteriormente indicados.

La evaluación del efecto principal de un determinado nutrimento en el proceso de nutrición de la planta a partir de la solución nutritiva (conteniendo ésta la mezcla de nutrimentos), se basó en el hecho de que el papel esencial no lo juega la concentración absoluta de dicho nutrimento o del catión, en el caso del  $\text{NH}_4^+$ , sino la relación mutua de los cationes:  $\text{NH}_4^+ : \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+$  (Steiner, 1961, 1984).

Cabe destacar el hecho de que la comparación de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) de los efectos principales, por ejemplo, en el caso de solamente dos factores:  $\text{NH}_4^+$  y presión osmótica, es en realidad para las medias de  $\text{NH}_4^+$ , la comparación de los promedios de presión osmótica dentro de cada nivel de  $\text{NH}_4^+$ . Si la interacción de  $\text{NH}_4^+$  por presión osmótica no es estadísticamente significativa, la determinación del efecto principal del  $\text{NH}_4^+$  es totalmente constante. Sin embargo, si la interacción:  $\text{NH}_4^+$  por presión osmótica es significativa, el análisis y discusión de resultados de la misma adquiere importancia mayor con respecto a la discusión de los efectos simples, en el caso del ejemplo:  $\text{NH}_4^+$  y presión osmótica. En el caso de las interacciones compuestas de los tres factores  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y potencial osmótico que fueron estadísticamente significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ), su importancia es mayor con respecto a las interacciones de dos factores.

### 5.1.2 Soluciones nutritivas más importantes

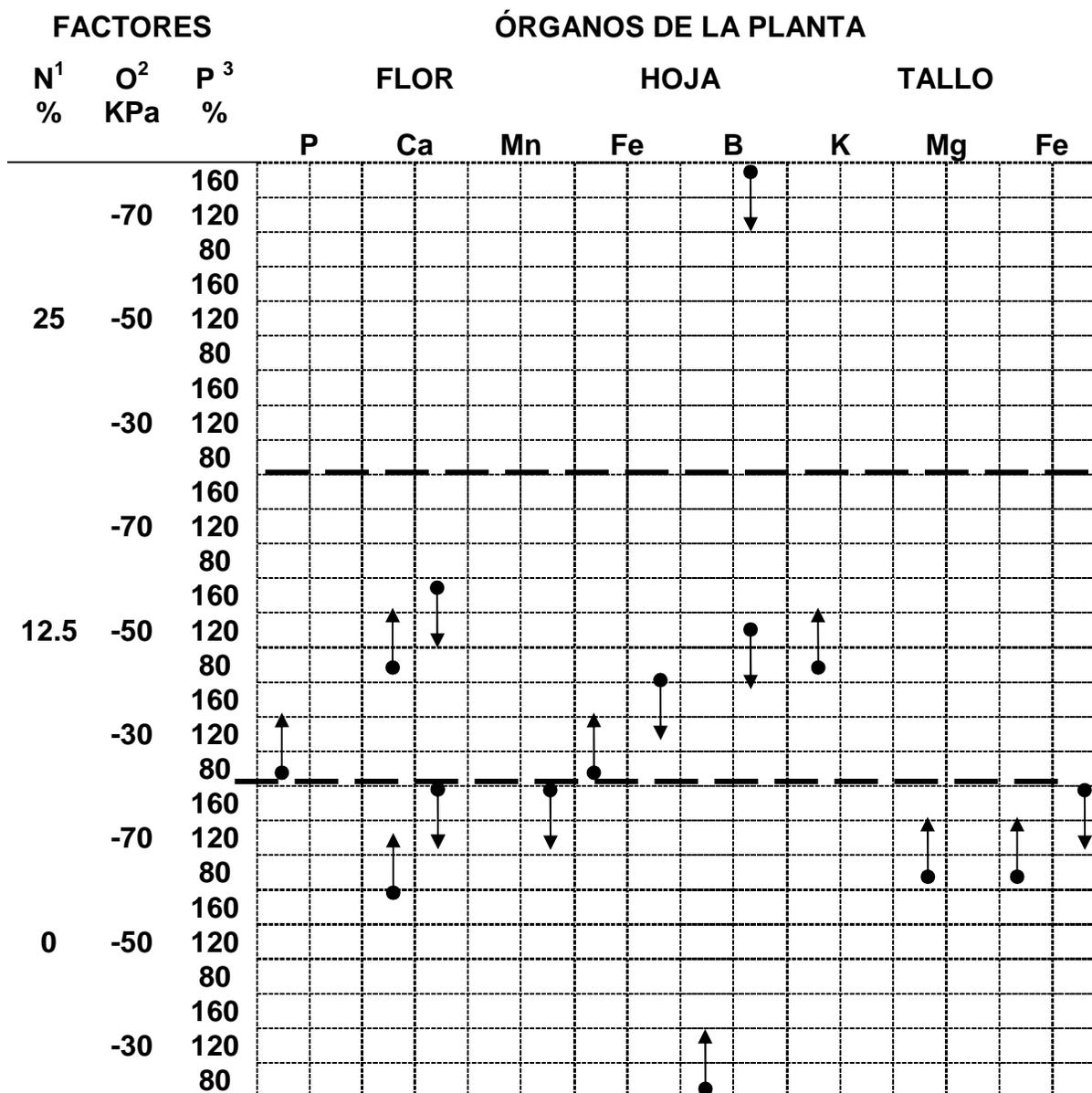
Destacó en las pruebas de Scheffé con significancia estadística ( $\alpha \leq 0.05$ ), la solución nutritiva universal de Steiner con menor potencial osmótico: -70 KPa (en el Cuadro 15 se tiene que las concentraciones mayores de calcio en flor ( $\text{Ca}_F$ )  $1.20 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , manganeso en flor ( $\text{Mn}_F$ )  $47 \text{ mg kg}^{-1}$ , potasio en tallo ( $\text{K}_T$ )  $3.75 \text{ g kg}^{-1}$  y hierro en tallo ( $\text{Fe}_T$ )  $148 \text{ mg kg}^{-1}$  se obtuvieron con la solución  $\text{N}_1\text{P}_2\text{O}_3$ ), la concentración media de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ : 120 % con respecto a la concentración de este ión en la solución nutritiva universal de Steiner y sin incluir  $\text{NH}_4^+$  (en el Cuadro 12 y 13 y 14, estos dos últimos provienen de la información original presentada en el Cuadro 12, se muestra que se tuvieron los valores más altos en la concentración de nutrientes para el  $\text{Ca}_F$  ( $1.20 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ),  $\text{Mn}_F$  ( $47 \text{ mg kg}^{-1}$ ), magnesio en tallo ( $\text{Mg}_T$ ) ( $0.30 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) y  $\text{Fe}_T$  ( $148 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Por último, también de importancia fue la solución nutritiva Steiner sin  $\text{NH}_4^+$  (en el Cuadro 18 se presentan las concentraciones mayores de  $\text{Ca}_F$  ( $1.20 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ),  $\text{Mg}_F$ , ( $47 \text{ mg kg}^{-1}$ ),  $\text{K}_T$  ( $3.75 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) y  $\text{Fe}_T$  ( $148 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) solución nutritiva  $\text{O}_3 \text{ P}_2 \text{ N}_1$ .

**Cuadro 12.** Efecto de la interacción de los factores fijos potencial osmótico (O) y concentración de los iones  $\text{NH}_4^+$  (N) y el factor variable concentración de los iones  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) de la solución nutritiva, en el contenido de nutrimentos en órganos de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo'.

| FACTORES       |                |                | ÓRGANOS DE LA PLANTA        |                              |                              |                              |                             |                             |                               |                               |
|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                |                |                | FLOR                        |                              |                              | HOJA                         |                             |                             | TALLO                         |                               |
| O <sup>1</sup> | N <sup>2</sup> | P <sup>3</sup> | P <sub>F</sub> <sup>4</sup> | Ca <sub>F</sub> <sup>5</sup> | Mn <sub>F</sub> <sup>6</sup> | Fe <sub>H</sub> <sup>7</sup> | B <sub>H</sub> <sup>8</sup> | K <sub>T</sub> <sup>9</sup> | Mg <sub>T</sub> <sup>10</sup> | Fe <sub>T</sub> <sup>11</sup> |
|                |                | P <sub>1</sub> | 0.40 a <sup>12</sup>        | 0.50 a                       | 27 a                         | 119 a                        | 187 b                       | 2.05 a                      | 0.15 a                        | 67 a                          |
|                | N <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> | 0.45 a                      | 0.50 a                       | 28 a                         | 156 a                        | <b>303 a A</b>              | 2.75 a                      | 0.20 a                        | 55 a                          |
|                |                | P <sub>3</sub> | 0.50 a                      | 0.40 a                       | 31 a                         | 204 a                        | 311 a                       | 2.00 a                      | 0.25 a                        | 69 a                          |
|                |                | P <sub>1</sub> | 0.55 a                      | 0.35 a                       | 38 a                         | 177 b                        | 283 a                       | 1.65 a                      | 0.20 a                        | 44 a                          |
| O <sub>1</sub> | N <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> | 0.50 a                      | 0.50 a                       | 36 a                         | <b>1227 a A</b>              | 311 a                       | 1.75 a                      | 0.25 a                        | 40 a                          |
|                |                | P <sub>3</sub> | 0.45 a                      | 0.40 a                       | 22 a                         | <b>112 b D</b>               | 247 a                       | 2.10 a                      | 0.20 a                        | 57 a                          |
|                |                | P <sub>1</sub> | 0.60 a                      | 0.45 a                       | 30 a                         | 227 a                        | 236 a                       | 2.05 a                      | 0.25 a                        | 53 a                          |
|                | N <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> | 0.45 a                      | 0.40 a                       | 24 a                         | 142 a                        | 320 a                       | 2.30 a                      | 0.20 a                        | 39 a                          |
|                |                | P <sub>3</sub> | 0.45 a                      | 0.50 a                       | 26 a                         | 116 a                        | 270 a                       | 1.85 a                      | 0.30 a                        | 41 a                          |
|                |                | P <sub>1</sub> | 0.45 b                      | 0.55 a                       | 25 a                         | 144 a                        | 253 a                       | 2.95 a                      | 0.20 a                        | 33 a                          |
|                | N <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> | <b>0.80 a A</b>             | 0.40 a                       | 18 a                         | 161 a                        | 311 a                       | 2.10 a                      | 0.25 a                        | 35 a                          |
|                |                | P <sub>3</sub> | 0.50 a                      | 0.60 a                       | 27 a                         | 157 a                        | 290 a                       | 2.60 a                      | 0.15 a                        | 14 a                          |
|                |                | P <sub>1</sub> | 0.70 a                      | 0.40 b                       | 24 a                         | 172 a                        | 329 a                       | 1.85 b                      | 0.15 a                        | 19 a                          |
| O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> | 0.45 a                      | <b>0.90 a A</b>              | 42 a                         | 211 a                        | <b>226 b D</b>              | <b>2.95 a A</b>             | 0.25 a                        | 41 a                          |
|                |                | P <sub>3</sub> | 0.50 a                      | <b>0.45 b D</b>              | 29 a                         | 167 a                        | 310 a                       | 3.00 a                      | 0.20 a                        | 26 a                          |
|                |                | P <sub>1</sub> | 0.60 a                      | 0.50 a                       | 31 a                         | 155 a                        | 257 a                       | 2.55 a                      | 0.20 a                        | 53 a                          |
|                | N <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> | 0.70 a                      | 0.70 a                       | 37 a                         | 192 a                        | 326 a                       | 3.20 a                      | 0.25 a                        | 34 a                          |
|                |                | P <sub>3</sub> | 0.80 a                      | 0.45 a                       | 34 a                         | 253 a                        | 367 a                       | 2.15 a                      | 0.10 a                        | 12 a                          |
|                |                | P <sub>1</sub> | 0.60 a                      | 0.60 b                       | 30 a                         | 195 a                        | 295 a                       | 3.80 a                      | 0.10 b                        | 39 b                          |
|                | N <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> | 0.50 a                      | <b>1.20 a A</b>              | 47 a                         | 135 a                        | 257 a                       | 3.75 a                      | <b>0.30 a A</b>               | <b>148 a A</b>                |
|                |                | P <sub>3</sub> | 0.70 a                      | <b>0.50 b D</b>              | <b>20 b D</b>                | 135 a                        | 261 a                       | 3.35 a                      | 0.15 a                        | <b>28 b D</b>                 |
|                |                | P <sub>1</sub> | 0.50 a                      | 0.55 a                       | 30 a                         | 230 a                        | 239 a                       | 3.90 a                      | 0.25 a                        | 43 a                          |
| O <sub>3</sub> | N <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> | 0.65 a                      | 0.40 a                       | 25 a                         | 203 a                        | 309 a                       | 3.00 a                      | 0.15 a                        | 22 a                          |
|                |                | P <sub>3</sub> | 0.60 a                      | 0.50 a                       | 29 a                         | 224 a                        | 213 a                       | 2.45 a                      | 0.10 a                        | 27 a                          |
|                |                | P <sub>1</sub> | 0.50 a                      | 0.50 a                       | 23 a                         | 170 a                        | 324 a                       | 2.70 a                      | 0.10 a                        | 49 a                          |
|                | N <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> | 0.55 a                      | 0.50 a                       | 33 a                         | 192 a                        | 394 a                       | 3.15 a                      | 0.15 a                        | 31 a                          |
|                |                | P <sub>3</sub> | 0.60 a                      | 0.40 a                       | 22 a                         | 175 a                        | <b>218 b D</b>              | 2.90 a                      | 0.20 a                        | 29 a                          |
| VS             |                |                | 0.31                        | 0.38                         | 19                           | 123                          | 96                          | 1.10                        | 0.16                          | 38                            |

<sup>1</sup>: Los potenciales osmóticos fueron de -30 (O<sub>1</sub>), -50 (O<sub>2</sub>) y -70 (O<sub>3</sub>) KPa. <sup>2</sup>: Las concentraciones de  $\text{NH}_4^+$  fueron de 0 (N<sub>1</sub>), 12.5 (N<sub>2</sub>) y 25 % (N<sub>3</sub>) del total de cationes en la solución nutritiva. <sup>3</sup>: Las concentraciones de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  fueron de 80 (P<sub>1</sub>), 120 (P<sub>2</sub>) y 160 % (P<sub>3</sub>) de la concentración de fósforo en la solución nutritiva Steiner. <sup>4</sup>: fósforo en la flor; <sup>5</sup>: calcio en la flor; <sup>6</sup>: manganeso en la flor; <sup>7</sup>: hierro en la hoja; <sup>8</sup>: boro en la hoja; <sup>9</sup>: potasio en el tallo; <sup>10</sup>: magnesio en el tallo; <sup>11</sup>: hierro en el tallo (P<sub>F</sub>, Ca<sub>F</sub>, K<sub>T</sub>, y Mg<sub>T</sub> en g 100g<sup>-1</sup>, Mn<sub>F</sub>, Fe<sub>F</sub>, B<sub>H</sub>, y Fe<sub>T</sub> en mg 1000 g<sup>-1</sup>). <sup>12</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna y cada factor son iguales (Scheffé, (P<sub>≤</sub>0.05)). **A**: Aumento estadísticamente significativo en contenido correspondiente. **D**: Disminución estadísticamente significativa en contenido correspondiente. **VS**: Valor de Scheffé para determinar diferencia estadísticamente significativa entre dos medias (P<sub>≤</sub>0.05).

**Cuadro 13.** Concentraciones de nutrientes en órganos de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' que aumentan (▲) o disminuyen (▼) por efecto del cambio en el factor variable  $H_2PO_4^-$  (P) de la solución nutritiva y los factores fijos, amonio (N) y potencial osmótico (O).



<sup>1</sup> Las concentraciones de  $NH_4^+$  fueron de 0, 12.5 y 25 % del total de cationes en la solución nutritiva.

<sup>2</sup> Las concentraciones de  $H_2PO_4^-$  fueron de 80 %, 120 % y 160 % de la concentración de fósforo en la solución nutritiva Steiner.

<sup>3</sup> Los potenciales osmóticos fueron de -30, -50 y -70 KPa.

-Nota: Los valores absolutos de los nutrientes en las soluciones nutritivas se presentan en el Cuadro 10.

Se encontraron diferencias significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ) entre los efectos de los niveles del potencial osmótico (Cuadros 15 y 16) de la solución nutritiva en las concentraciones de  $\text{Ca}_F$ :  $1.20 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ,  $\text{Mn}_F$ :  $47 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $\text{K}_T$ :  $3.75 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  y  $\text{Fe}_T$ :  $148 \text{ mg kg}^{-1}$  (Cuadros 15 y 16) valores que se muestran en el Cuadro 14. Con respecto al K, Choi *et al.* (2004) estudiaron los efectos de las concentraciones de K (0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 mM) en la solución fertilizante en el crecimiento y absorción nutrimental en el lirio híbrido Oriental 'Casa Blanca'. El peso seco de flores cortadas se incrementó conforme la concentración de K en la solución fertilizante aumentó a partir de 0 a 25 mM. El tratamiento con 25 mM de K dio lugar al peso seco mayor, las concentraciones más altas de K redujeron la producción en masa seca. El aumento de la concentración de K en la solución fertilizante a partir de 0 a 25 mM aumentó la altura, el peso fresco, el diámetro del vástago y el vigor del vástago de flores cortadas. El contenido de K en el tejido bajó en los tratamientos de 15, 20 y 25 mM de K fue de 3.18, 3.82 y 3.81 %, respectivamente. Encontraron que el contenido de K en el tejido debe ser mayor de 3.5 % para producir flores de corte de alta calidad.

Por último, la solución  $\text{O}_3 \text{ P}_2 \text{ N}_1$  presentó efecto significativo de acuerdo a la prueba de media de Scheffé ( $\alpha \leq 0.05$ ) debido a la concentración 0 % de  $\text{N-NH}_4^+$  en la solución nutritiva. Las mayores concentraciones en los órganos respectivos fueron  $\text{Ca}_F$   $1.20 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ,  $\text{Mn}_F$   $47 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $\text{Fe}_T$   $148 \text{ mg kg}^{-1}$ , (Cuadro 18), resultados que en forma concreta se presentan en el Cuadro 20. Cabe señalar que cuando a esta solución se le añadió  $\text{NH}_4^+$  aún en mínima proporción: 12.5 % del total de cationes ( $\text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+$ ), ocurrió que disminuyó significativamente la concentración de  $\text{Ca}_F$  ( $0.4 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ),  $\text{Mn}_F$  ( $25 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y  $\text{Fe}_T$  ( $22 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Cuadro 18).

De igual manera que con la solución  $\text{O}_3 \text{ P}_2 \text{ N}_1$ , la solución nutritiva resultante de los factores estudiados potencial osmótico (O) concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), resultó en las pruebas de Scheffé con significancia estadística ( $\alpha \leq 0.05$ ), la solución nutritiva con potencial osmótico medio -50 Kpa,

concentración media de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  120 % del mismo ión correspondiente en la solución nutritiva Steiner y concentración media de  $\text{N-NH}_4^+$  12.5 % (solución  $\text{O}_2\text{P}_2\text{N}_2$ ), con la cual se obtuvieron las máximas concentraciones de varios nutrimentos, mismos que se describen a continuación:

**Cuadro 14.** Efectos de la concentración de nutrimentos en órganos de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' a partir de la solución nutritiva sin  $\text{N-NH}_4^+$ , potencial osmótico de -70 KPa (O) y 120 % de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$

| Nutrimento      | $\text{NH}_4^{+(1)}$ | O <sup>(2)</sup> | $\text{H}_2\text{PO}_4^{-(3)}$ | Concentración <sup>(4)</sup> |
|-----------------|----------------------|------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Ca <sub>F</sub> | 0                    | -70              | 120                            | 1.2 a <sup>5</sup>           |
| Ca <sub>F</sub> | 0                    | -70              | 80                             | 0.6 b                        |
| Mg <sub>T</sub> | 0                    | -70              | 120                            | 0.30 a                       |
| Mg <sub>T</sub> | 0                    | -70              | 80                             | 0.10 b                       |
| Fe <sub>T</sub> | 0                    | -70              | 120                            | 148 a                        |
| Fe <sub>T</sub> | 0                    | -70              | 80                             | 39 b                         |
| Ca <sub>F</sub> | 0                    | -70              | 120                            | 1.2 a                        |
| Ca <sub>F</sub> | 0                    | -50              | 120                            | 0.4 b                        |
| Mn <sub>F</sub> | 0                    | -70              | 120                            | 47 a                         |
| Mn <sub>F</sub> | 0                    | -50              | 120                            | 18 b                         |
| K <sub>T</sub>  | 0                    | -70              | 120                            | 3.75 a                       |
| K <sub>T</sub>  | 0                    | -50              | 120                            | 2.1 b                        |
| Fe <sub>T</sub> | 0                    | -70              | 120                            | 148.0 a                      |
| Fe <sub>T</sub> | 0                    | -50              | 120                            | 35.0 b                       |
| Ca <sub>F</sub> | 0                    | -70              | 120                            | 1.2 a                        |
| Ca <sub>F</sub> | 12.5                 | -70              | 120                            | 0.4 b                        |
| Mn <sub>F</sub> | 0                    | -70              | 120                            | 47 a                         |
| Mn <sub>F</sub> | 12.5                 | -70              | 120                            | 25 b                         |
| Fe <sub>T</sub> | 0                    | -70              | 120                            | 148 a                        |
| Fe <sub>T</sub> | 12.5                 | -70              | 120                            | 22 b                         |

(1) % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva

(2) Potencial osmótico en KPa.

(3) % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva Steiner.

(4) Concentración del nutrimento respectivo en el órgano (flor, hoja o tallo)

(5) Medias con la misma letra dentro de cada hilera y cada factor son iguales (Scheffé,  $P \leq 0.05$ )

Se obtuvo diferencia estadística ( $\alpha \leq 0.05$ ) debido a la concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva, obteniéndose los mayores valores de concentración de  $\text{Ca}_F$  ( $0.90 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) y  $\text{K}_T$  ( $2.95 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) al cambiar de 80 a 120 % la concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva (Cuadros 12 y 13) como también se muestra en el Cuadro 17. Lee y Choi (2005) señalan que cuando usaron concentraciones de 0, 0.5 y 1.0 mM de  $\text{P}_2\text{O}_5$  en la solución fertilizante, obtuvieron en la parte aérea del *Lilium* híbrido Oriental cv. Casa Blanca 16.0, 16.4 y 21.0 g de peso seco, respectivamente. El mayor peso fresco fue logrado con 1.0 mM de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; dichos resultados estuvieron acordes con la concentración de P en el tejido, con 1.0 mM de  $\text{P}_2\text{O}_5$  la concentración fue de 0.24 % de P. En la presente investigación se obtuvo que la concentración para *Lilium* híbrido Asiático cultivar 'Brunelo' fue de 0.8 % de P en la flor cuando se usó la solución nutritiva sin  $\text{N-NH}_4$ , con P al 120 % con relación a la solución de Steiner y potencial osmótico de -50 KPa (Cuadro 15 y 16)

La concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  (N) en la solución nutritiva también presentó efecto significativo ( $\alpha < 0.05$ ) al obtenerse los valores mayores de concentración de nutrimentos de  $\text{Ca}_F$   $0.90 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  y  $\text{Mn}_F$   $42 \text{ mg } \text{kg}^{-1}$  al añadir a la solución 12.5 % de  $\text{N-NH}_4^+$  (N) con respecto al nivel bajo 0 % del total de cationes de la solución nutritiva (Cuadros 18 y 19), como puede observarse la información sintetizada en el Cuadro 17.

Cabe aquí añadir que en este grupo de concentración de nutrimentos en diversos órganos de la planta:  $\text{Ca}_F$ ,  $\text{Mn}_F$ ,  $\text{K}_T$  y  $\text{Fe}_T$ , se debe incluir al fósforo en flor ( $\text{P}_F$ ) ( $0.80 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ) obtenido con la solución nutritiva:  $\text{N}_1 \text{P}_2 \text{O}_2$  (Cuadros 15 y 16), donde también el potencial osmótico de la solución nutritiva causó el aumento estadísticamente significativo ( $\alpha \leq 0.05$ ), en este caso con el nivel medio de potencial osmótico: -50 KPa, mientras que en el grupo de concentración nutrimental:  $\text{Ca}_F$ ,  $\text{Mn}_F$ ,  $\text{K}_T$  y  $\text{Fe}_T$  se debió al nivel más bajo de potencial osmótico: -70 KPa; la explicación al efecto anterior está en el hecho de que el acceso nutrimental de fósforo a la raíz a partir de la solución del suelo, o de la solución

nutritiva como es el caso presente, tuvo lugar por difusión y que este proceso se intensifica conforme disminuye el potencial osmótico de la solución nutritiva; entonces la absorción del fósforo también aumenta y basta aplicar la solución nutritiva con el potencial osmótico medio: -50 KPa para cubrir el requerimiento respectivo de fósforo a la planta. Resultados similares en la concentración y extracción de P obtuvo Preciado, *et al* 2003 en dos cultivares de melón

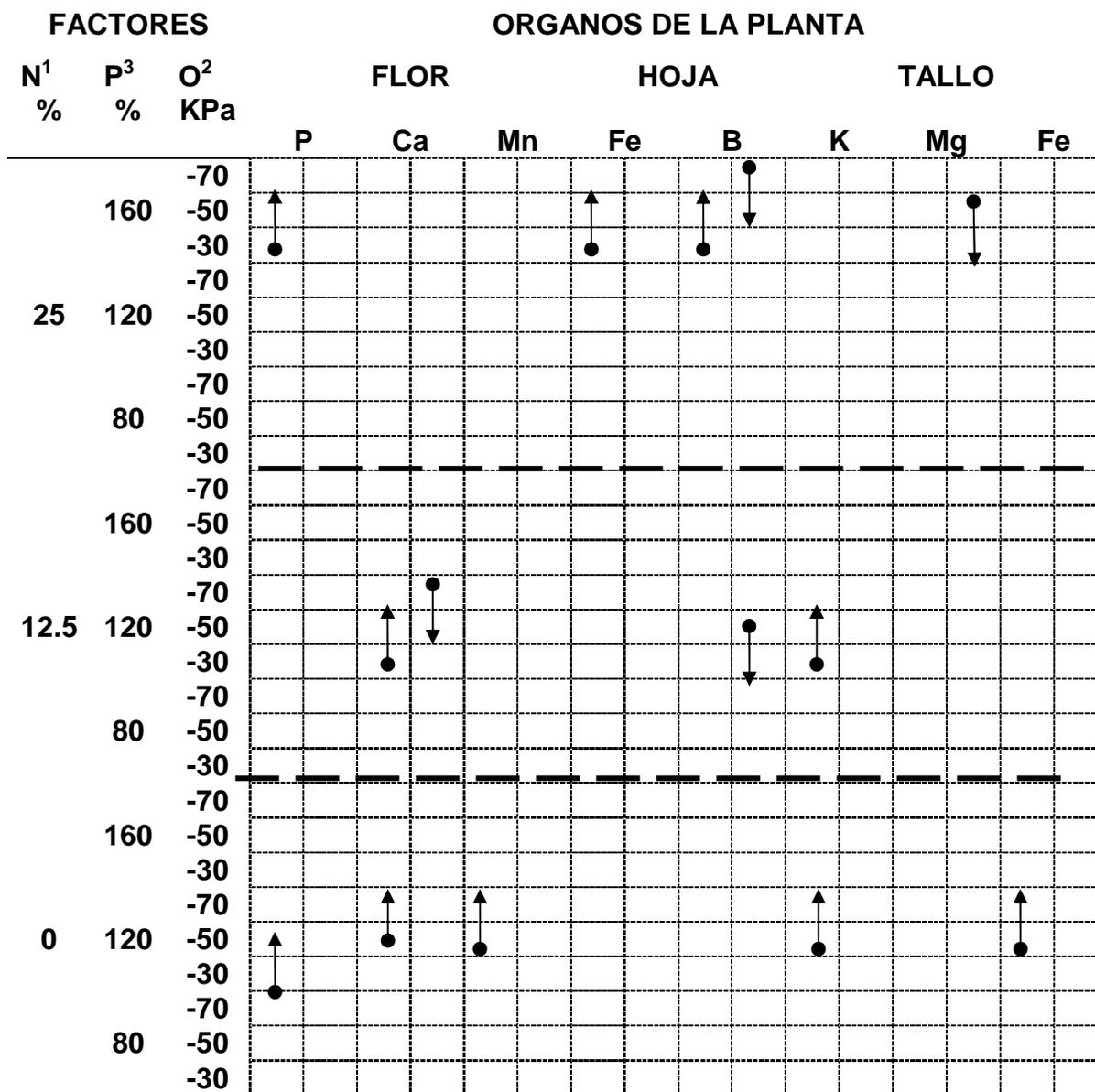
Las diferencias entre las dos soluciones anteriores ( $O_3P_2N_1$  y  $O_2P_2N_2$ ) es que la segunda tiene un potencial osmótico mayor y contiene amonio. Aparentemente se tendrían dos opciones en cuanto a usar indiscriminadamente una u otra solución nutritiva, ya que ambas darían resultados similares. Sin embargo, la recomendación es hacer una comprobación experimental que así lo determine.

**Cuadro 15.** Efecto de la interacción de los factores fijos: concentración de los iones  $\text{N-NH}_4^+$  (N) y  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y el factor variable: potencial osmótico (O) de la solución nutritiva en el contenido de varios nutrimentos en órganos de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo'.

| ORGANOS DE LA PLANTA |                |                |                             |                              |                              |                              |                             |                             |                               |                               |
|----------------------|----------------|----------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| FACTORES             |                |                | FLOR                        |                              |                              | HOJA                         |                             |                             | TALLO                         |                               |
| N <sup>1</sup>       | P <sup>2</sup> | O <sup>3</sup> | P <sub>F</sub> <sup>4</sup> | Ca <sub>F</sub> <sup>5</sup> | Mn <sub>F</sub> <sup>6</sup> | Fe <sub>H</sub> <sup>7</sup> | B <sub>H</sub> <sup>8</sup> | K <sub>T</sub> <sup>9</sup> | Mg <sub>T</sub> <sup>10</sup> | Fe <sub>T</sub> <sup>11</sup> |
|                      |                | O <sub>1</sub> | 0.40 a <sup>12</sup>        | 0.50 a                       | 27 a                         | 119 a                        | 187 a                       | 2.05 a                      | 0.15 a                        | 67 a                          |
|                      | P <sub>1</sub> | O <sub>2</sub> | 0.45 a                      | 0.55 a                       | 25 a                         | 144 a                        | 253 a                       | 2.95 a                      | 0.20 a                        | 33 a                          |
|                      |                | O <sub>3</sub> | 0.60 a                      | 0.60 a                       | 30 a                         | 195 a                        | 295 a                       | 3.80 a                      | 0.10 a                        | 39 a                          |
|                      |                | O <sub>1</sub> | 0.45 b                      | 0.50 a                       | 28 a                         | 156 a                        | 303 a                       | 2.75 b                      | 0.20 a                        | 55 b                          |
| N <sub>1</sub>       | P <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | <b>0.80 a A</b>             | 0.40 b                       | 18 b                         | 161 a                        | 311 a                       | 2.10 b                      | 0.25 a                        | 35 b                          |
|                      |                | O <sub>3</sub> | 0.50 a                      | <b>1.20 a A</b>              | <b>47 a A</b>                | 135 a                        | 266 a                       | <b>3.75 a A</b>             | 0.30 a                        | <b>148 a A</b>                |
|                      |                | O <sub>1</sub> | 0.50 a                      | 0.40 a                       | 31 a                         | 204 a                        | 311 a                       | 2.00 a                      | 0.25 a                        | 69 a                          |
|                      | P <sub>3</sub> | O <sub>2</sub> | 0.50 a                      | 0.60 a                       | 27 a                         | 157 a                        | 290 a                       | 2.60 a                      | 0.15 a                        | 14 a                          |
|                      |                | O <sub>3</sub> | 0.70 a                      | 0.50 a                       | 20 a                         | 135 a                        | 261 a                       | 3.35 a                      | 0.15 a                        | 28 a                          |
|                      |                | O <sub>1</sub> | 0.55 a                      | 0.35 a                       | 37 a                         | 177 a                        | 283 a                       | 1.65 b                      | 0.20 a                        | 44 a                          |
|                      | P <sub>1</sub> | O <sub>2</sub> | 0.70 a                      | 0.50 a                       | 24 a                         | 172 a                        | 329 a                       | 1.85 b                      | 0.15 a                        | 19 a                          |
|                      |                | O <sub>3</sub> | 0.50 a                      | 0.55 a                       | 30 a                         | 230 a                        | 239 a                       | <b>3.90 a A</b>             | 0.25 a                        | 43 a                          |
|                      |                | O <sub>1</sub> | 0.50 a                      | 0.50 b                       | 36 a                         | 1227 a                       | 311 a                       | 1.75 b                      | 0.25 a                        | 40 a                          |
| N <sub>2</sub>       | P <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | 0.45 a                      | <b>0.90 a A</b>              | 42 a                         | <b>211 b D</b>               | 226 a                       | <b>2.95 a A</b>             | 0.25 a                        | 41 a                          |
|                      |                | O <sub>3</sub> | 0.65 a                      | <b>0.40 b D</b>              | 25 a                         | 203 b                        | 309 a                       | 3.00 a                      | 0.15 a                        | 22 a                          |
|                      |                | O <sub>1</sub> | 0.65 a                      | 0.40 a                       | 22 a                         | 112 a                        | 247 a                       | 2.10 a                      | 0.20 a                        | 57 a                          |
|                      | P <sub>3</sub> | O <sub>2</sub> | 0.50 a                      | 0.45 a                       | 29 a                         | 167 a                        | 310 a                       | 3.00 a                      | 0.20 a                        | 26 a                          |
|                      |                | O <sub>3</sub> | 0.60 a                      | 0.50 a                       | 29 a                         | 224 a                        | 213 a                       | 2.45 a                      | 0.10 a                        | 27 a                          |
|                      |                | O <sub>1</sub> | 0.60 a                      | 0.45 a                       | 30 a                         | 227 a                        | 236 a                       | 2.05 a                      | 0.25 a                        | 53 a                          |
|                      | P <sub>1</sub> | O <sub>2</sub> | 0.60 a                      | 0.50 a                       | 31 a                         | 155 a                        | 257 a                       | 2.55 a                      | 0.20 a                        | 15 a                          |
|                      |                | O <sub>3</sub> | 0.50 a                      | 0.50 a                       | 23 a                         | 170 a                        | 324 a                       | 2.70 a                      | 0.10 a                        | 49 a                          |
|                      |                | O <sub>1</sub> | 0.45 a                      | 0.40 a                       | 24 a                         | 142 a                        | 320 a                       | 2.30 a                      | 0.20 a                        | 39 a                          |
| N <sub>3</sub>       | P <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | 0.70 a                      | 0.70 a                       | 37 a                         | 192 a                        | 326 a                       | 3.20 a                      | 0.25 a                        | 34 a                          |
|                      |                | O <sub>3</sub> | 0.55 a                      | 0.50 a                       | 33 a                         | 192 a                        | 394 a                       | 3.15 a                      | 0.15 a                        | 31 a                          |
|                      |                | O <sub>1</sub> | 0.45 b                      | 0.50 a                       | 26 a                         | 116 b                        | 270 b                       | 1.85 a                      | 0.30 a                        | 41 a                          |
|                      | P <sub>3</sub> | O <sub>2</sub> | <b>0.80 a A</b>             | 0.45 a                       | 34 a                         | <b>253 a A</b>               | <b>367 a A</b>              | 2.15 a                      | <b>0.10 b D</b>               | 12 a                          |
|                      |                | O <sub>3</sub> | 0.60 a                      | 0.40 a                       | 22 a                         | 175 a                        | <b>218 b D</b>              | 2.90 a                      | 0.20 b                        | 29 a                          |
| VS                   |                |                | 0.31                        | 0.38                         | 19                           | 124                          | 96                          | 1.10                        | 0.16                          | 38                            |

<sup>1</sup>: Las concentraciones de  $\text{NH}_4^+$  fueron de 0 (N<sub>1</sub>), 12.5 (N<sub>2</sub>) y 25 % (N<sub>3</sub>) del total de cationes de la solución nutritiva. <sup>2</sup>: Las concentraciones de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  fueron de 80 (P<sub>1</sub>), 120 (P<sub>2</sub>) y 160 % (P<sub>3</sub>) de la concentración de fósforo de la solución nutritiva Steiner. <sup>3</sup>: Los potenciales osmóticos fueron de -30 (O<sub>1</sub>), -50 (O<sub>2</sub>) y -70 (O<sub>3</sub>) KPa. <sup>4</sup>: fósforo en la flor; <sup>5</sup>: calcio en la flor; <sup>6</sup>: manganeso en la flor; <sup>7</sup>: hierro en la hoja; <sup>8</sup>: boro en la hoja; <sup>9</sup>: potasio en el tallo; <sup>10</sup>: magnesio en el tallo; <sup>11</sup>: hierro en el tallo (P<sub>F</sub>, Ca<sub>F</sub>, K<sub>T</sub>, y Mg<sub>T</sub> en g 100g<sup>-1</sup>, Mn<sub>F</sub>, Fe<sub>F</sub>, B<sub>H</sub>, y Fe<sub>T</sub> en mg 1000 g<sup>-1</sup>). <sup>12</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna y cada factor son iguales (Scheffé, P≤0.05). **A**: Aumento estadísticamente significativo en contenido correspondiente. **D**: Disminución estadísticamente significativa en contenido correspondiente. **VS**: Valor de Scheffé para determinar diferencia estadísticamente significativa entre dos medias (P≤0.05)

**Cuadro 16.** Concentraciones de nutrimentos en órganos de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' que aumentan (↑) o disminuyen (↓) por efecto del cambio en el factor variable potencial osmótico (O) de la solución nutritiva y los factores fijos, amonio (N) y concentración de los iones  $H_2PO_4^-$  (P).



<sup>1</sup> Las concentraciones de  $NH_4^+$  fueron de 0, 12.5 y 25 % del total de cationes de la solución nutritiva.

<sup>2</sup> Las concentraciones de  $H_2PO_4^-$  fueron de 80 %, 120 % y 160 % de la concentración de fósforo de la solución nutritiva Steiner.

<sup>3</sup> Los potenciales osmóticos fueron de -30, -50 y -70 KPa.

Nota: Los valores absolutos de los nutrimentos en las soluciones nutritivas se presentan en el Cuadro 15.

**Cuadro 17.** Efectos de la concentración de nutrimentos en órganos de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' a partir de la solución nutritiva con potencial osmótico -50 Kpa (O)  $H_2PO_4$  120 % y 12.5 % de  $N-NH_4^+$ .

| <b>Nutrimento</b> | <b>O KPa <sup>(1)</sup></b> | <b><math>H_2PO_4</math> <sup>(2)</sup></b> | <b><math>NH_4</math> <sup>(3)</sup></b> | <b>Concentración <sup>(4)</sup></b> |
|-------------------|-----------------------------|--|---|-------------------------------------|
| Ca <sub>F</sub>   | -50                         | 120  | 12.5                                    | 0.90 a <sup>(5)</sup>               |
| Ca <sub>F</sub>   | -30                         | 120  | 12.5                                    | 0.50 b                              |
| K <sub>T</sub>    | -50                         | 120  | 12.5                                    | 2.95 a                              |
| K <sub>T</sub>    | -30                         | 120  | 12.5                                    | 1.75 b                              |
| Ca <sub>F</sub>   | -50                         | 120  | 12.5                                    | 0.90 a                              |
| Ca <sub>F</sub>   | -50                         | 80   | 12.5                                    | 0.40 b                              |
| K <sub>T</sub>    | -50                         | 120  | 12.5                                    | 2.95 a                              |
| K <sub>T</sub>    | -50                         | 80   | 12.5                                    | 1.85 b                              |
| Ca <sub>F</sub>   | -50                         | 120  | 12.5                                    | 0.90 a                              |
| Ca <sub>F</sub>   | -50                         | 120  | 0.0                                     | 0.40 b                              |
| Mn <sub>F</sub>   | -50                         | 120  | 12.5                                    | 42 a                                |
| Mn <sub>F</sub>   | -50                         | 120  | 0.0                                     | 18 b                                |

<sup>(1)</sup> Potencial osmótico en KPa.

<sup>(2)</sup> % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución nutritiva Steiner.

<sup>(3)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva.

<sup>(4)</sup> Concentración del nutrimento en el órgano (flor, hoja o tallo).

<sup>(5)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada hilera y cada factor son iguales (Scheffé,  $P \leq 0.05$ )

Bugarín *et al.* (1998a), establecieron un experimento con crisantemo [*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat) Kilam] en cultivo hidropónico, estudiaron los efectos directos e interactivos de los siguientes factores: tres variedades, Puma Sunflower, Improved, Sunshine, tres concentraciones de  $\text{N-NH}_4^+$  (1.5, 3.0 y 4.5  $\text{mmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$ ), dos concentraciones de  $\text{N-NO}_3^-$  (10 y 13.5  $\text{mmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$ ) y tres presiones osmóticas (0.54, 0.72 y 0.90 atm) de la solución nutritiva. En la variedad Puma (Bugarín *et al.*, 1998b) encontraron que con la concentración de 1.5  $\text{mmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{N-NH}_4^+$ , interactuando con la presión osmótica de 0.70 atm, alcanzaron la mayor extracción de P por las plantas en las hojas basales; este valor fue significativamente superior al alcanzado con la presión osmótica de 0.54 atm y la misma concentración de  $\text{N-NH}_4^+$ . Otro efecto encontrado fue que la mayor extracción de K en las hojas se alcanzó con 4.5  $\text{mmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{N-NH}_4^+$  y presión osmótica de 0.54 atm, valor estadísticamente superior al encontrado con la misma concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  y la presión osmótica de 0.72 atm. También encontraron que con la concentración de 1.5  $\text{mmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{N-NH}_4^+$  y 0.9 atm de presión osmótica obtuvieron la mayor extracción de Ca en las hojas basales, este valor fue estadísticamente superior al obtenido con la misma concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  y la presión osmótica de 0.54 atm. Finalmente con la concentración de 3.0  $\text{mmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{N-NH}_4^+$  y 0.54 atm, la extracción de Mg en las hojas basales fue estadísticamente mayor al obtenido con la misma concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  y 0.72 atm de presión osmótica en la solución nutritiva.

Preciado, *et al.* (2003) en el cultivo de plántulas de melón de dos cultivares (Crusier y Gold eagle) estudiaron el efecto de tres diferentes presiones osmóticas (0.036, 0.073 y 0.109 MPa) y tres porcentajes iniciales de dilución (25-50-100, 35-70-100 y 45-90-100), fueron 10 días de aplicación de cada porcentaje, incrementándose la concentración de la solución nutritiva universal de Steiner modificada. Se evaluó el efecto lineal e interactivo de los factores indicados; encontraron que en el híbrido Crusier, con la mayor presión osmótica se incrementó la concentración de P y de Ca, y en el híbrido Gold eagle, también con la mayor presión osmótica se incrementaron las concentraciones de P, Ca y Mg.

En la presente investigación también se tuvo, cierta coincidencia de incremento en la concentración de P en la flor por efecto de disminución del potencial osmótico de la solución nutritiva obteniéndose  $0.8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  (Cuadros 15 y 16), al pasar de -30 KPa a -50 KPa en la solución con 25 % de  $\text{N-NH}_4^+$  y 160 % de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Cabe enfatizar que ésta fue la solución nutritiva  $\text{O}_2\text{P}_2\text{N}_1$  (-50 KPa de potencial osmótico, 120 % de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y 0% de  $\text{N-NH}_4^+$ ) con la cual mayor número de efectos estadísticamente significativos ( $\alpha \leq 0.05$ ) se tuvieron (Cuadros 15 y 16), mismos que ya se discutieron.

### 5.1.3 Efecto del potencial osmótico

Steiner (1966, 1984) con relación al potencial osmótico de la solución nutritiva estableció que el término composición iónica total comprende la concentración de todos los iones componentes, refiriéndose a los cationes y aniones. Añadiendo que el factor más importante en los cultivos sin suelo o hidroponía, es la concentración total de iones expresados en presión osmótica, por lo general ésta tiene que ser mayor a medida que la intensidad luminosa es menor. Por lo que el comportamiento de las plantas en un cultivo sin suelo debe ser examinado bajo las condiciones locales ya que se han encontrado diferencias en condiciones de climas diferentes. Después de la presión osmótica le sigue en importancia la relación de cationes, siguiendo la relación de aniones y por último el pH de la solución nutritiva.

Lara (1998), en un estudio con jitomate en cultivo hidropónico aplicó diversas soluciones nutritivas en diferentes etapas, entre ellas el desarrollo de fruto: uno de los factores incluidos en las soluciones nutritivas fue el potencial osmótico de la solución nutritiva; tomó como referencia la solución nutritiva de Steiner; los niveles de potencial osmótico que consideró fueron -0.11 y 0.071 MPa. Con la solución nutritiva con menor potencial osmótico (la solución más concentrada) se incrementó la concentración de K en hojas inferiores y superiores, de Mg en la parte superior del tallo y de P en los frutos y por el contrario disminuyó la concentración de P en las hojas inferiores y el P en la parte inferior del tallo.

En *Lilium* híbrido Asiático, que es nuestro caso se incrementó el  $P_F$  por casi dos veces de 0.45 a 0.80 % (Cuadro 15) cuando la concentración total en la solución nutritiva de  $N-NH_4^+$  fue 0 % y 120 % de  $H_2PO_4^-$  y el potencial osmótico+ pasó de -30 KPa a -50 KPa (solución  $O_2P_2N_1$ ). Hubo otro incremento con los mismos valores (0.45 a 0.80 %) cuando la solución nutritiva tuvo 25 % de  $N-NH_4^+$ , 160 % de  $H_2PO_4^-$  y un cambio de potencial osmótico de -30 a -50 KPa, solución  $O_2P_3N_3$  (Cuadro 15). También se incrementó el K en tallo al aumentar de 1.75 a 2.95 %, teniendo la solución el  $N-NH_4^+$  al 12.5 % y el  $H_2PO_4^-$  al 120 %, al pasar de -30 KPa a -50 KPa el potencial osmótico de la solución nutritiva, (Cuadro 15).

De los resultados antes indicados se destacó que la característica química más importante para el cultivo de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' fue el potencial osmótico. Esto coincide con lo indicado por Steiner (1973 y 1980) al indicar que el potencial osmótico de la solución nutritiva influye de manera determinante en la absorción de los nutrimentos, otros estudios también indican que se han obtenido diferencias en rendimiento de los cultivos debido a los niveles de potencial osmótico de la solución nutritiva, Lara (1998), Bugarin, *et al.* (1998b, 1998b), Preciado, *et al.* (2002) y Villegas, *et al.* (2005).

Por otra parte el uso de las soluciones nutritivas en la investigación nutrimental, representa un medio excelente en los estudios fisiológicos debido a que se puede regular la cantidad y proporción relativa de las sales minerales que son proporcionadas a las plantas en cualquier experimento (Steiner, 1961). Al respecto Lee y Yang (1998) realizaron un trabajo con dos cultivares de lily, uno con el híbrido Asiático cv. Elite y otro con el híbrido Oriental cv. Stargazer para estudiar el déficit de agua en el suelo a corto plazo. Cuando el potencial de agua en el suelo disminuyó a - 0.25 MPa disminuyó el número de flores por planta y la duración de la flor. La altura y área de la hoja fueron reducidas por los déficits de agua en ambos tipos de lilis. La disminución de altura en 'Elite' fue más grande que en Stargazer, aunque la disminución en el área de la hoja fue más grande en

Stargazer que en Elite. El número de flores por planta y la duración fue reducido en “Elite” pero no en “Stargazer”.

Los resultados presentados en el Cuadro 15 también muestran diferencias significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ) en la concentración de  $P_F$ ,  $Ca_F$ ,  $Mn_F$ ,  $K_T$  y  $Fe_T$  debido a niveles de potencial osmótico del orden de  $-20$  KPa (0.2 atm), lo cual coincide con lo indicado por Steiner (1961 y 1980) al señalar que diferencias de presión osmótica de la solución nutritiva del orden de 0.2 atm pueden causar diferencias considerables en el rendimiento de cultivos tales como claveles, tomate y gerbera entre otros.

#### **5.1.4 Efecto del $N-NH_4^+$**

Se tuvo una disminución significativa ( $\alpha \leq 0.05$ ) en la concentración de  $K_T$  al disminuir de  $3.35 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  a  $2.45 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  por efecto de la adición de 12.5 % de  $N-NH_4$  en la solución nutritiva con  $-70$  KPa de potencial osmótico y 160 % de  $H_2PO_4$ , solución  $O_3 P_3 N_2$  (Cuadro 18). Al respecto Steiner (1968, 1984) indica que en general cuando a los cultivos les resulta favorable la presencia de  $NH_4^+$  en la solución nutritiva, es en concentraciones del orden del 10 %. Añadiendo que la razón es que los iones  $N-NH_4^+$  en una solución nutritiva son más o menos tóxicos para muchas plantas.

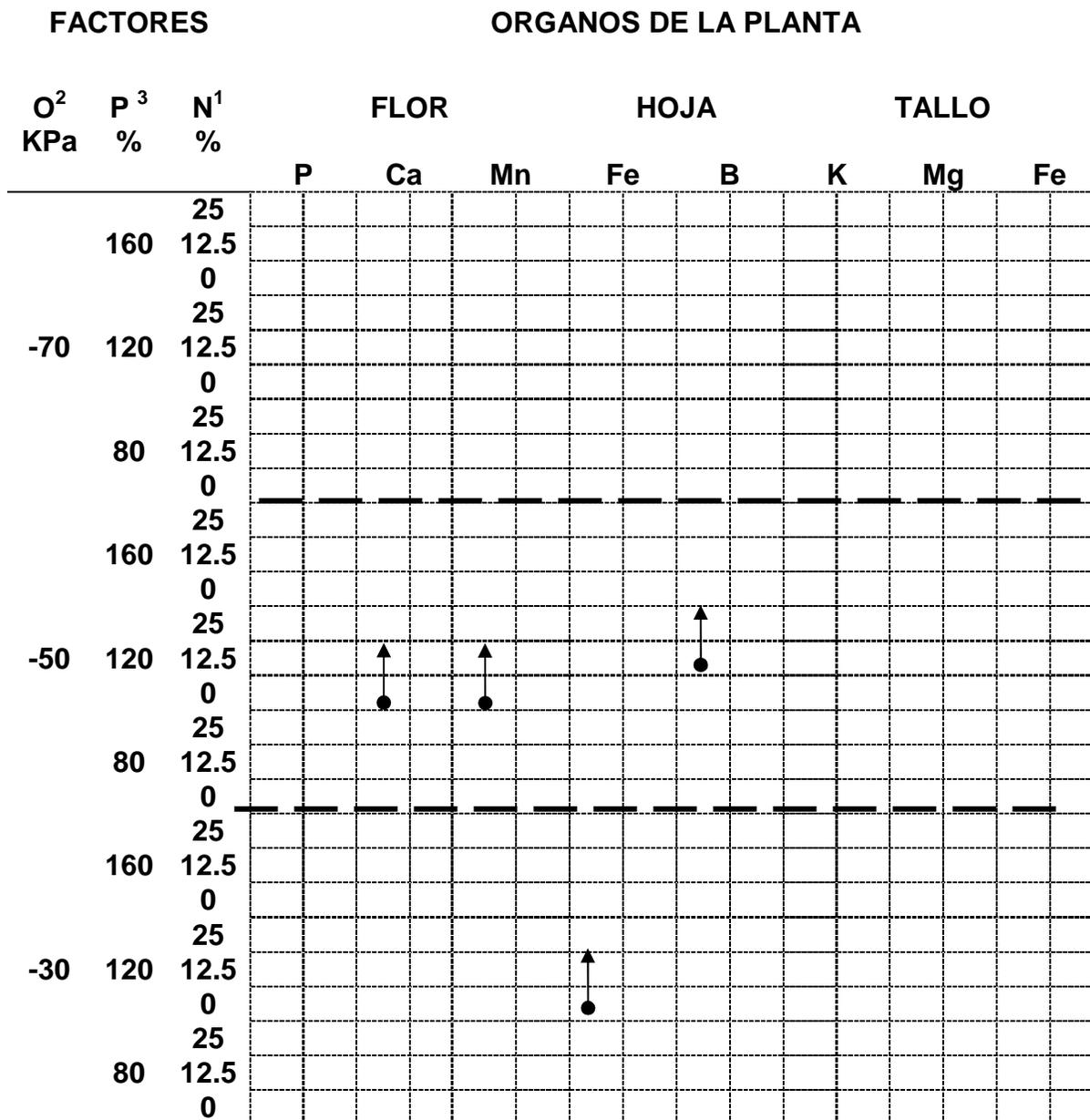
Gerendás *et al.* (1997) resumen en cinco posibles causas o mecanismos la toxicidad del  $N-NH_4^+$ : a) inducción de deficiencias por antagonismo con otros cationes, b) inhibición del crecimiento secundario de la raíz por una acidez en la rizósfera, c) alteración del pH y desbalances osmóticos, d) desacoplamiento del transporte de electrones de la fotofosforilación, seguido por la acumulación del  $NH_4^+$  en hojas y e) alteración del metabolismo de producción de poliamidas y fitohormonas; no obstante, ninguno de estos mecanismos es capaz por sí sólo de explicar adecuadamente la toxicidad de este catión.

**Cuadro 18.** Efecto de la interacción de los factores fijos: potencial osmótico (O) y concentración de los iones  $H_2PO_4^-$  (P) y el factor variable: concentración de los iones  $NH_4^+$  (N) de la solución nutritiva, en el contenido de varios nutrimentos en órganos de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo'.

| FACTORES       |                |                | ÓRGANOS DE LA PLANTA                                |  |   |   |  |   |   |  |
|----------------|----------------|----------------|---|--|---|---|--|---|---|--|
|                |                |                | FLOR  |  |   | HOJA  |  |   | TALLO   |  |
| O <sup>1</sup> | P <sup>2</sup> | N <sup>3</sup> | P <sub>F</sub> <sup>4</sup><br>g 100g <sup>-1</sup> | Ca <sub>F</sub> <sup>5</sup><br>g 100g <sup>-1</sup> | Mn <sub>F</sub> <sup>6</sup><br>mg kg <sup>-1</sup> | Fe <sub>H</sub> <sup>7</sup><br>mg kg <sup>-1</sup> | B <sub>H</sub> <sup>8</sup><br>mg kg <sup>-1</sup> | K <sub>T</sub> <sup>9</sup><br>g 100 kg <sup>-1</sup> | Mg <sub>T</sub> <sup>10</sup><br>g 100g <sup>-1</sup> | Fe <sub>T</sub> <sup>11</sup><br>mg kg <sup>-1</sup> |
|                |                | N <sub>1</sub> | 0.40 a <sup>12</sup>                                | 0.50 a   | 27 a  | 119 a   | 187 a  | 2.05 a  | 0.15 a  | 67 a   |
|                | P <sub>1</sub> | N <sub>2</sub> | 0.55 a  | 0.35 a   | 38 a  | 177 a   | 283 a  | 1.65 a  | 0.20 a  | 44 a   |
|                |                | N <sub>3</sub> | 0.60 a  | 0.45 a   | 30 a  | 227 a   | 236 a  | 2.05 a  | 0.25 a  | 53 a   |
|                |                | N <sub>1</sub> | 0.45 a  | 0.50 a   | 28 a  | 156 b   | 303 a  | 2.75 a  | 0.20 a  | 55 a   |
| O <sub>1</sub> | P <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | 0.50 a  | 0.50 a   | 36 a  | 1227 a A  | 311 a  | 1.75 a  | 0.25 a  | 40 a   |
|                |                | N <sub>3</sub> | 0.45 a  | 0.40 a   | 24 a  | 142 b D   | 320 a  | 2.30 a  | 0.20 a  | 39 a   |
|                |                | N <sub>1</sub> | 0.50 a  | 0.40 a   | 31 a  | 204 a   | 311 a  | 2.00 a  | 0.25 a  | 69 a   |
|                | P <sub>3</sub> | N <sub>2</sub> | 0.65 a  | 0.40 a   | 22 a  | 112 a   | 247 a  | 2.10 a  | 0.20 a  | 57 a   |
|                |                | N <sub>3</sub> | 0.45 a  | 0.50 a   | 26 a  | 116 a   | 270 a  | 1.85 a  | 0.30 a  | 41 a   |
|                |                | N <sub>1</sub> | 0.45 a  | 0.55 a   | 25 a  | 144 a   | 253 a  | 2.95 a  | 0.20 a  | 33 a   |
|                | P <sub>1</sub> | N <sub>2</sub> | 0.70 a  | 0.40 a   | 24 a  | 172 a   | 329 a  | 1.85 a D  | 0.15 a  | 19 a   |
|                |                | N <sub>3</sub> | 0.60 a  | 0.50 a   | 31 a  | 155 a   | 257 a  | 2.55 a  | 0.20 a  | 53 a   |
|                |                | N <sub>1</sub> | 0.80 a  | 0.40 b   | 18 b  | 161 a   | 311 b  | 2.10 a  | 0.25 a  | 35 a   |
| O <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | 0.45 b D  | 0.90 a A   | 42 a A  | 211 a   | 226 b  | 2.95 a  | 0.25 a  | 41 a   |
|                |                | N <sub>3</sub> | 0.70 b  | 0.70 a   | 37 a  | 192 a   | 326 a A  | 3.20 a  | 0.25 a  | 34 a   |
|                |                | N <sub>1</sub> | 0.50 a  | 0.60 a   | 27 a  | 157 a   | 290 a  | 2.60 a  | 0.15 a  | 14 a   |
|                | P <sub>3</sub> | N <sub>2</sub> | 0.50 a  | 0.45 a   | 29 a  | 167 a   | 310 a  | 3.00 a  | 0.20 a  | 26 a   |
|                |                | N <sub>3</sub> | 0.80 a  | 0.45 a   | 34 a  | 253 a   | 367 a  | 2.15 a  | 0.10 a  | 12 a   |
|                |                | N <sub>1</sub> | 0.60 a  | 0.60 a   | 30 a  | 195 a   | 295 a  | 3.80 a  | 0.10 a  | 39 a   |
|                | P <sub>1</sub> | N <sub>2</sub> | 0.50 a  | 0.55 a   | 30 a  | 230 a   | 239 a  | 3.90 a  | 0.25 a  | 43 a   |
|                |                | N <sub>3</sub> | 0.50 a  | 0.50 a   | 23 a  | 170 a   | 324 a  | 2.70 b D  | 0.10 a  | 49 a   |
|                |                | N <sub>1</sub> | 0.50 a  | 1.20 a   | 47 a  | 135 a   | 267 a  | 3.75 a  | 0.30 a  | 148 a  |
| O <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | 0.65 a  | 0.40 b D   | 25 b D  | 203 a   | 309 a  | 3.00 a  | 0.15 a  | 22 b D   |
|                |                | N <sub>3</sub> | 0.55 a  | 0.50 b   | 33 b  | 192 a   | 394 a  | 3.15 a  | 0.15 a  | 31 b   |
|                |                | N <sub>1</sub> | 0.70 a  | 0.50 a   | 20 a  | 135 a   | 261 a  | 3.35 a  | 0.15 a  | 28 a   |
|                | P <sub>3</sub> | N <sub>2</sub> | 0.60 a  | 0.50 a   | 29 a  | 224 a   | 213 a  | 2.45 b D  | 0.10 a  | 27 a   |
|                |                | N <sub>3</sub> | 0.60 a  | 0.40 a   | 22 a  | 175 a   | 218 a  | 2.90 b  | 0.20 a  | 29 a   |
| VS             |                |                | 0.31  | 0.38   | 19  | 123   | 96   | 1.10  | 0.16  | 38   |

<sup>1</sup>: Los potenciales osmóticos fueron de -30 (O<sub>1</sub>), -50 (O<sub>2</sub>) y -70 (O<sub>3</sub>) KPa. <sup>2</sup>: Las concentraciones de  $H_2PO_4^-$  fueron de 80 (P<sub>1</sub>), 120 (P<sub>2</sub>) y 160 % (P<sub>3</sub>) de la concentración de fósforo en la solución nutritiva Steiner. <sup>3</sup>: Las concentraciones de  $NH_4^+$  fueron de 0 (N<sub>1</sub>), 12.5 (N<sub>2</sub>) y 25 % (N<sub>3</sub>) del total de cationes de la solución nutritiva. <sup>4</sup>: fósforo en la flor; <sup>5</sup>: calcio en la flor; <sup>6</sup>: manganeso en la flor; <sup>7</sup>: hierro en la flor; <sup>8</sup>: boro en la hoja; <sup>9</sup>: potasio en el tallo; <sup>10</sup>: magnesio en el tallo; <sup>11</sup>: hierro en el tallo (P<sub>F</sub>, Ca<sub>F</sub>, K<sub>T</sub>, y Mg<sub>T</sub> en g 100g<sup>-1</sup>, Mn<sub>F</sub>, Fe<sub>F</sub>, B<sub>H</sub>, y Fe<sub>T</sub> en mg 1000 g<sup>-1</sup>). <sup>12</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna y cada factor son iguales (Scheffé, P≤0.05). **A**: Aumento estadísticamente significativo en el contenido correspondiente. **D**: Disminución estadísticamente significativa en el contenido correspondiente. **DMS**: Valor de Scheffé para determinar diferencia estadísticamente significativa entre dos medias (P≤0.05).

**Cuadro 19.** Concentraciones de nutrimentos en órganos de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' que aumentan (↑) por efecto del cambio en el factor variable amonio (N) de la solución nutritiva y los factores fijos, potencial osmótico (O) y concentración de los iones fosfato (P).



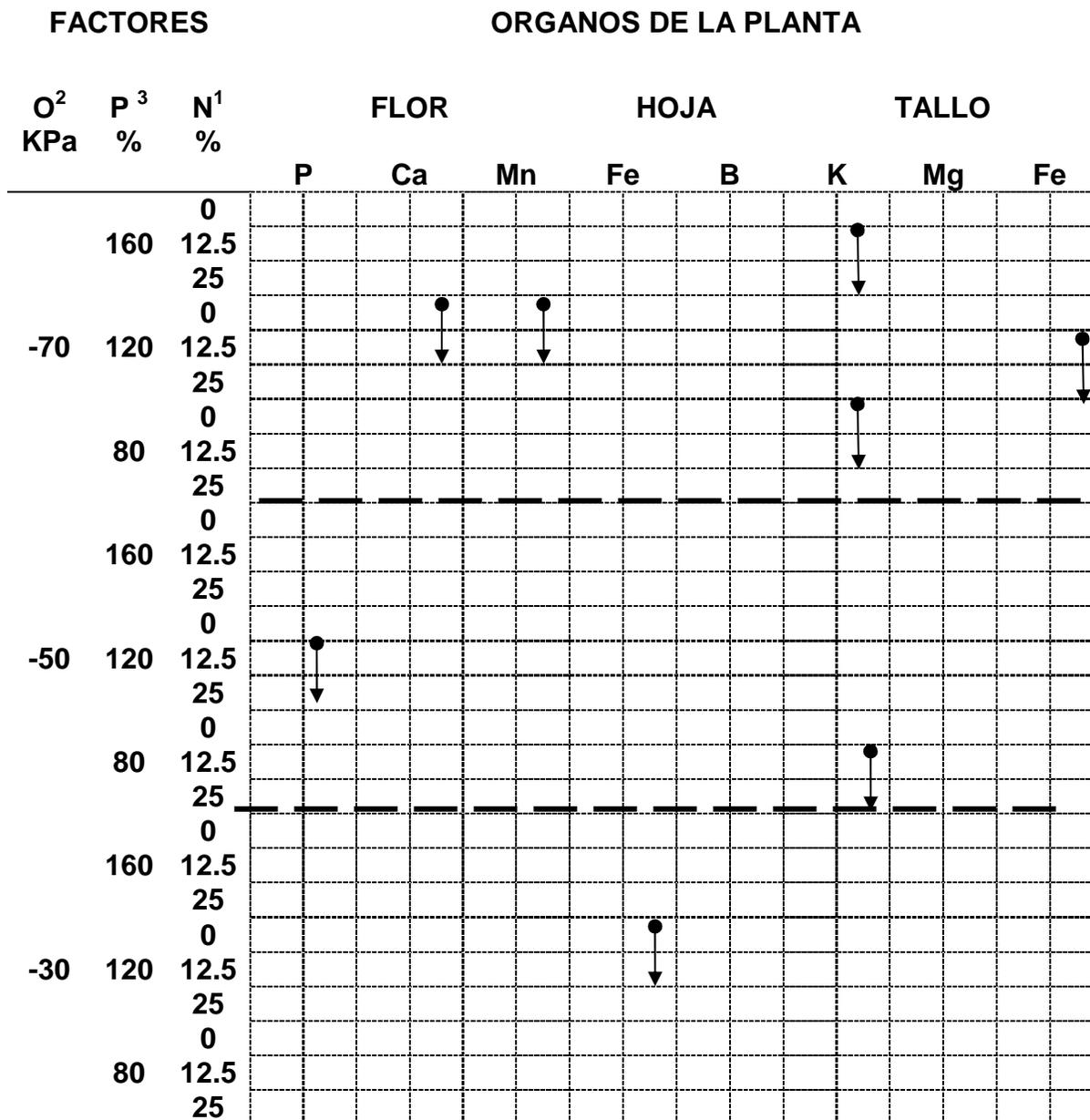
<sup>1</sup> Las concentraciones de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> fueron de 0, 12.5 y 25 % del total de cationes en la solución nutritiva.

<sup>2</sup> Las concentraciones de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> fueron de 80 %, 120 % y 160 % de la concentración de fósforo de la solución nutritiva Steiner.

<sup>3</sup> Los potenciales osmóticos fueron de -30, -50 y -70 KPa.

**Nota:** Los valores absolutos de los nutrimentos en las soluciones nutritivas se presentan en el Cuadro 18.

**Cuadro 20.** Concentraciones de nutrimentos en órganos *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' que disminuyen (↓) por efecto del cambio en el factor amonio (N) de la solución nutritiva y los factores fijos, potencial osmótico (O) y concentración de los iones fosfato (P).



<sup>1</sup> Las concentraciones de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> fueron de 0, 12.5 y 25 % del total de cationes en la solución nutritiva.

<sup>2</sup> Las concentraciones de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> fueron de 80 %, 120 % y 160 % de la concentración de fósforo de la solución nutritiva Steiner.

<sup>3</sup> Los potenciales osmóticos fueron de -30, -50 y -70 KPa.

**Nota:** Los valores absolutos de los nutrimentos en las soluciones nutritivas se presentan en el Cuadro 18.

De la misma manera Lin *et al.* (1999) hicieron un estudio donde plantas de orquídeas de diferentes cultivares fueron fertirrigadas con soluciones, donde se valoró la proporción de  $\text{N-NO}_3^-/\text{N-NH}_4^+$  (1:0, 10:1, 6:1, 4:1); encontraron que al subir la proporción de  $\text{N-NH}_4^+$  las concentraciones de K, Ca Mg y P bajaron. A su vez Lara (1998) en un estudio con tomate en cultivo hidropónico usó la solución nutritiva de Steiner modificada con diferentes niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (0 y 1.5 mM de  $\text{N-NH}_4^+$  que correspondieron al 0 y 7.5 % del total de cationes); donde se estudiaron las relaciones entre aniones y entre cationes y el potencial osmótico de -71 KPa y -110 KPa basado en la solución nutritiva universal de Steiner, considerando diferentes etapas del cultivo; encontró que con la aplicación de 1.5 mM de  $\text{NH}_4^+$  combinado tanto con -71 KPa como con -110 KPa de potencial osmótico de la solución nutritiva, la concentración de P y K aumentó en las hojas superiores y también aumentó el P en las hojas y tallos inferiores; al mismo tiempo el Ca y Mg disminuyeron en las hojas inferiores y disminuyó el Ca en el fruto. También se incrementó la cantidad de sólidos solubles totales y disminuyó el pH en el jugo de los frutos.

La conductividad eléctrica es un reflejo de la concentración iónica (presión osmótica) de la solución nutritiva, Feigin (1990) señala que el  $\text{N-NH}_4^+$  aún en bajas concentraciones y con una alta conductividad eléctrica en la solución nutritiva, tiene efectos negativos en el desarrollo del cultivo de melón. La toxicidad del  $\text{NH}_4^+$  en muchas especies de plantas usualmente no es problema cuando crecen en suelos calcáreos ( $\text{CaCO}_3$  libre); no obstante el  $\text{NH}_4^+$  se ha encontrado que es tóxico en medios en los cuales no existió  $\text{CaCO}_3$  (Fenn *et al.*, 1993); es por eso que en hidroponía con sustratos inertes se utiliza  $\text{CaCO}_3$  u otro compuesto cálcico para contrarrestar los efectos negativos del  $\text{N-NH}_4^+$  (Goyal, 1984, Sandoval *et al.*, 1995). Jull., *et al* 1994 aplicaron a esquejes de *Cryplomeria japónica* cv. Elegans aurea tratamientos de  $\text{NO}_4\text{NO}_3$ , los cuales consistieron en 0, 25, 50, 100  $\text{mg L}^{-1}$  de N; a partir de 25  $\text{mg L}^{-1}$  de N disminuyó la relación brote raíz, de igual manera el área y longitud total de raíz. Estos resultados coinciden con lo indicado por Steiner (1984)

## 5.2 Efectos de acidez.

En párrafos anteriores se indicó que la presencia de  $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva causó disminución de las concentraciones de  $\text{Ca}_F$  ( $0.40 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ),  $\text{Mn}_F$  ( $25 \text{ mg kg}^{-1}$ ), y  $\text{Fe}_T$  ( $22 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Cuadros 18 y 20), también esas mismas disminuciones fueron causadas por el nivel 160 % de la concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  con respecto al mismo ion en la solución nutritiva de Steiner (Cuadros 12 y 13). Coic (1973); Coic y Lesaint (1973), mencionan que la forma bajo la cual es aportado el ión nitrógeno tiene una influencia importante sobre la fisiología de la planta. Los principales problemas son: la relación entre los iones minerales, el pH de la solución y la proporción entre iones nitrato y amonio. El pH óptimo de la solución depende de la especie vegetal. Por lo menos debe ser dirigido hacia la acidez para evitar la precipitación de los fosfatos cálcicos. Las variaciones de pH son originadas por la absorción preferencial del ión nitrógeno; cuando éste es aportado bajo la forma amonio hay una absorción preferencial de los cationes sobre los aniones originando una fuerte acidificación fisiológica de la solución nutritiva; cuando el ión nitrogenado es aportado bajo la forma de nitrato hay una alcalinización fisiológica. Generalmente son los fosfatos los que gracias a su poder amortiguador en los pH comúnmente usados (entre 4.5 y 6.3), permiten un pH muy estable. Los autores indican que la relación entre los iones amonio y nitrato en la solución nutritiva depende de: 1) el efecto nutrimental (metabólico) de una mezcla determinada de amonio y nitrato como función de la especie vegetal. 2) de la influencia de la absorción relativa de los dos iones sobre la variación del pH de la solución, principalmente cuando la renovación de la solución nutritiva es poco frecuente.

A la vez Lin *et al.* (1999) encontraron que en las variedades de orquídeas fertirrigadas con la misma tasa de N total y cuatro proporciones de  $\text{N-NO}_3^- : \text{N-NH}_4^+$  (1:0, 10:1, 6:1 y 4:1) las concentraciones de K, Ca, Mg y P disminuyeron cuando se utilizó la proporción intermedia de  $\text{N-NH}_4^+$  al 12.5 %. En la presente investigación se obtuvieron resultados similares en los casos de  $\text{Ca}_F$  ( $0.40 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ),  $\text{Mn}_F$  ( $25 \text{ mg kg}^{-1}$ ),  $\text{Fe}_T$  ( $22 \text{ mg kg}^{-1}$ ),  $\text{K}_T$  ( $2.45 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) y  $\text{K}_T$  ( $2.70 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), éste

último caso ocurrió al agregar 25 % de  $\text{N-NH}_4^+$  a la solución nutritiva, información que se presenta en los Cuadros 18 y 20.

También con relación a la nutrición con  $\text{N-NH}_4^+$  An, *et al.* (2002) encontraron dos cultivares de rosa 'Saphir' y 'Grand Gala' nutridas con solución nutritiva, que las concentraciones de Ca, K y Mg en el tejido de la hoja disminuyeron conforme aumentó la concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  de 0, 10, 20 y 30 % con respecto al nitrógeno en la relación  $\text{N-NH}_4^+ : \text{N-NO}_3^-$  y que la presencia de  $\text{NH}_4^+$  causó que disminuyera la concentración de Fe, Zn y Mn. Los resultados del presente estudio con *Lilium* híbrido Asiático cv. Brunelo coinciden en lo que respecta a  $\text{K}_T$  el cual disminuyó en tres ocasiones al aumentar el  $\text{N-NH}_4^+$  en la solución nutritiva y de igual manera  $\text{Ca}_F$ ,  $\text{Mn}_F$  y  $\text{Fe}_T$  disminuyeron al incrementarse el  $\text{N-NH}_4^+$  de 0 % a 12.5 % del total de cationes en la solución nutritiva, con -70 KPa y 120 % de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , solución  $\text{O}_3 \text{P}_2 \text{N}_3$  (Cuadros 18 y 20).

De la misma manera Polizzoto *et al.* (1975) estudiaron la respuesta de  $\text{N-NH}_4$  a través de la fertilización de cultivares en solución. Encontraron que disminuyó la absorción de Ca y Mg y se incrementó la absorción de P al incrementar el  $\text{N-NH}_4^+$  en la solución nutritiva; el pH de la solución tuvo poco efecto en la respuesta a la forma de N aplicado.

Por otra parte Bugarín *et al.* (1998a), establecieron un experimento con crisantemo [*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat) Kilam] en cultivo hidropónico, estudiaron los efectos directos e interactivos de los siguientes factores: tres variedades, Puma Sunflower, Improved, Sunshine, tres concentraciones de  $\text{N-NH}_4^+$  (1.5, 3.0 y 4.5  $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ ), dos concentraciones de  $\text{N-NO}_3^-$  (10 y 13.5  $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ ) y tres presiones osmóticas (0.54, 0.72 y 0.90 atm) de la solución nutritiva. En la variedad Puma (Bugarín *et al.*, 1998b) encontraron que con la concentración de 1.5  $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$  de  $\text{N-NH}_4^+$ , interactuando con la presión osmótica de 0.70 atm, alcanzaron la mayor extracción de P por las plantas en las hojas basales; este valor fue significativamente superior al alcanzado con la presión osmótica de 0.54

atm y la misma concentración de  $\text{N-NH}_4^+$ . Otro efecto encontrado fue que la mayor extracción de K en las hojas se alcanzó con  $4.5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  de  $\text{N-NH}_4^+$  y presión osmótica de 0.54 atm., valor estadísticamente superior al encontrado con la misma concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  y la presión osmótica de 0.72 atm. También encontraron que con la concentración de  $1.5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  de  $\text{N-NH}_4^+$  y 0.9 atm de presión osmótica obtuvieron la mayor extracción de Ca en las hojas basales, este valor fue estadísticamente superior al obtenido con la misma concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  y la presión osmótica de 0.54 atm. Finalmente con la concentración de  $3.0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  de  $\text{N-NH}_4^+$  y 0.54 atm., la extracción de Mg en las hojas basales fue estadísticamente ( $\alpha \leq 0.05$ ) mayor al obtenido con la misma concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  y 0.72 atm de presión osmótica en la solución nutritiva.

También en párrafos anteriores en lo referente al efecto de la concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva, se indicó que al aumentar la concentración de dicho ión, se aumentó la acidez de dicha solución (De Rijck y Schrevens, 1999). En la literatura se tienen experiencias que señalan que el empleo de solución nutritiva con pH ácido, ocasiona que disminuya la concentración de cationes en los órganos de las plantas, por ejemplo Jull, *et al.* (1994) al aplicar una solución nutritiva completa al cultivo de *Cryplomeria cv. Elegans aurea* a la cual se le adicionó  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  con un contenido de N: 0, 25, 50, 100 y 200  $\text{mg L}^{-1}$  de N, encontraron que los porcentajes de K, Ca, y Mg disminuyeron linealmente a partir de 25  $\text{mg L}^{-1}$  de N, mientras que el porcentaje de P disminuyó a partir de 50  $\text{mg L}^{-1}$  de N. A su vez Choi, *et al.* (2005) en una investigación realizada con *Lilium* híbrido Oriental *cv. Casa blanca* probaron el efecto de la concentración de calcio en la solución fertilizante, entre sus tratamientos incluyeron 3, 4.5 y 6.0 mM de Ca se obtuvieron 2.8, 2.9 y 3.0  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  de Ca en la parte aérea de la planta, no siendo estadísticamente significativo, después de 112 días de tratamiento.

En la presente investigación para *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' con  $8.7393 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  de Ca (Cuadro 10) en la solución nutritiva se obtuvo una concentración de  $\text{Ca}_f$  1.2  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  de Ca y con  $6.2430 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  (Cuadro 10) se

obtuvo  $0.4 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de  $\text{Ca}_F$  (Cuadro 16). Este efecto correspondió a una diferencia significativa debida al potencial osmótico de las soluciones nutritivas (-70 y -50 KPa respectivamente). Se incluye en esta discusión esta información porque tienen puntos de coincidencia importantes en las soluciones nutritivas usadas, señaladas en el párrafo anterior; sin embargo, los resultados de ambos métodos difieren considerablemente. Por otra parte es necesario aclarar que los cultivares usados en ambas investigaciones son diferentes, lo cual probablemente afectó dichos resultados.

Las plantas de *Lilium* son plantas bulbosas y la respuesta a la fertilización va a depender del estado de desarrollo del bulbo, mientras más joven es éste mayor sensibilidad presenta a la fertilización. Hagiya y Arnaki (1966) señalan que en los bulbos de tulipán el nitrógeno es absorbido en cantidades más grandes, seguido por el potasio y después el fósforo en menor cantidad y que los bulbos pequeños (aproximadamente de 2 g) absorben más agua y nutrimentos que los bulbos grandes (15 a 16 g), siendo también más eficientes al consumir agua y minerales, este caso es extensivo a *Lilium*. Es importante mencionar que en esta especie existen diferencias entre cultivares y mucho más entre los diferentes grupos de *Lilium*. El grupo de *Lilium* híbrido Asiático se caracteriza por tener flores pequeñas y poseer bulbos de menor tamaño comparado al del *Lilium* híbrido Oriental, también esto repercute en la respuesta de las plantas a la fertilización.

Como se ha señalado, la acidez en la solución nutritiva es importante, Marschner, (1995) indica que los efectos del pH en la absorción de cationes, está en concordancia con el papel que desempeña la bomba de flujo de protones en la membrana plasmática como fuerza motriz en la absorción de iones. Dicha bomba constituye uno de los principales mecanismos de transportación de iones a través de las membranas. Entre otras funciones transporta iones hidrógeno a través de la membrana plasmática desde la fase interna o citoplasma a la fase externa o apoplasto, creando así un gradiente en el pH y en el potencial eléctrico. En este proceso, el enlace de iones hidrógeno-ATPasa, además del proceso de regulación

del pH, se genera la fuerza motriz, o energía para el transporte de iones a través de membranas. La actividad de la membrana plasmática del enlace: iones hidrógeno-ATPasa es particularmente alta en los pelos radicales. A concentraciones altas de iones hidrógeno en el sustrato, la eficiencia de la bomba de salida de iones hidrógeno decrece. Consecuentemente la absorción de cationes en general es inhibida. Se infiere entonces, que es la acidez de la solución nutritiva la causante indirecta de los síntomas descritos y no precisamente los efectos directos de las altas concentraciones de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  o de  $\text{N-NH}_4^+$ .

De igual modo Ganmore y Kafkafi (1985) estudiaron la respuesta a las aplicaciones de  $\text{N-NH}_4^+$  y  $\text{N-NO}_3^-$  en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) durante la etapa de floración y vegetativa. En esta última la planta prefirió el  $\text{N-NH}_4^+$ ; sin embargo, cuando la relación  $\text{N-NO}_3^- : \text{N-NH}_4^+$  fue de 2:5 y se aumentó la temperatura de la raíz, disminuyó la concentración de cationes, especialmente de K, Na y Mg, en cambio se aumentó la concentración de Ca en las raíces de las plantas. La absorción de  $\text{N-NO}_3^-$  fue preferida durante la floración y el período de fructificación.

Sandoval *et al.* (1992, 1995, 1999) señalan que en los primeros estudios sobre el efecto que tiene el  $\text{CaCO}_3$  para mejorar la respuesta de soluciones nutritivas con concentraciones parciales de  $\text{N-NH}_4^+$ , originalmente se pensó que eran los efectos del Ca y del  $\text{CO}_2$  provenientes del  $\text{CaCO}_3$ ; sin embargo, puesto que otros bicarbonatos producen efectos similares se atribuyó el efecto principal del  $\text{CaCO}_3$  a la neutralización de la acidez causada por el  $\text{N-NH}_4^+$  absorbido por las plantas. Dichos autores aplicaron con detalle los principios anteriores a la respuesta de trigo cultivado, encontrando que al usar el  $\text{CaCO}_3$  en concentraciones similares a las de  $\text{N-NH}_4^+$ , fue posible neutralizar el efecto acidificante de dicho nitrógeno para incrementar la producción de grano. De lo anterior destaca la importancia de neutralizar parte de la acidez producida por la raíz de la planta, cuando ésta es nutrida principalmente con  $\text{N-NH}_4^+$ .

Cao y Tibbits (1994), señalan que el cultivo de papa en solución nutritiva con  $\text{N-NO}_3^-$  a diferentes pH (s) dio la mayor producción de materia seca, cuando el pH de la solución se mantuvo a 5.0. El cultivo en solución con  $\text{N-NO}_3^-$  y  $\text{N-NH}_4^+$  a concentraciones iguales dio una producción ligeramente mayor con respecto al cultivo anterior cuando el pH se mantuvo a 5.0 ó 6.0 ó 6.5. En este caso, a diferencia de los autores anteriormente indicados, donde se precisó que la acidez fue neutralizada con  $\text{CaCO}_3$ , para este caso no se indica la fuente utilizada que produjo el mismo efecto. Magalhaes y Hubber (1989); Sandoval, *et al* (1992, 1995, 1999) señalan que el efecto detrimental del amonio disminuye cuando se incorpora  $\text{CaCO}_3$  en el cultivo hidropónico, coincide con reportes previos y sugiere un efecto amortiguador (buffer) del ion  $\text{CO}_3$  con el ion  $\text{H}^+$  liberado por la raíz de las plantas tratadas con  $\text{N-NH}_4^+$ .

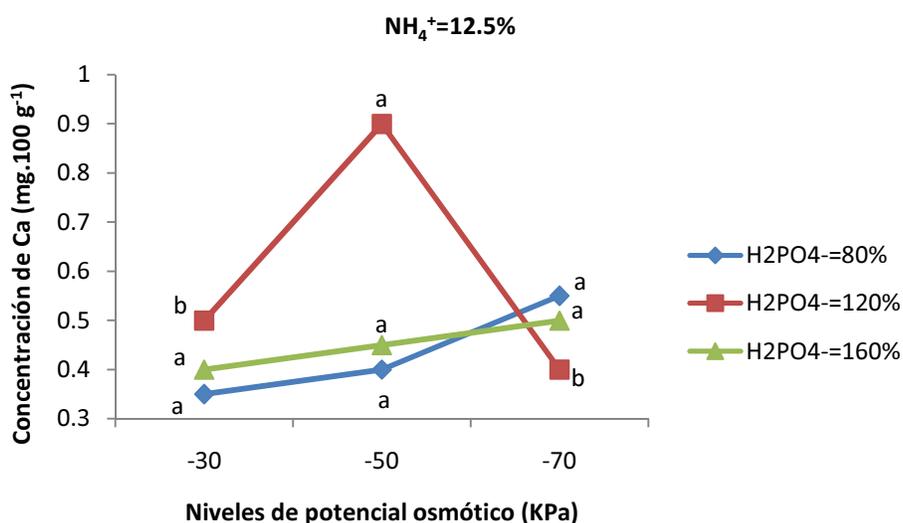
### **5.3 Respuesta a los factores de estudio.**

Varias de las respuestas evaluadas por medio de la concentración de nutrimentos en los órganos de la planta, a los diferentes niveles del factor variable correspondiente: potencial osmótico, concentración de  $\text{NH}_4^+$  o concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva dieron lugar a curvas con la forma denominada de Gauss. Efectos aunque no iguales pero mostrando la misma tendencia encontraron Lee y Choi (2005) en plantas de *Lilium* híbrido Oriental cv. Casa Blanca, los resultados mostraron que plantas tratadas con concentraciones de  $\text{P}_2\text{O}_5$  de 0.75 mM y 1.0 mM incrementaron la longitud y peso de flores de corte respectivamente y que al aumentar las concentraciones de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por arriba de 1.25 mM, la longitud y el peso de las flores de corte gradualmente disminuyó en comparación con 1.0 mM.

En el presente trabajo con *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' también se encontraron respuestas semejantes a las curvas de Gauss en la concentración de los nutrimentos siguientes:  $\text{Ca}_F$  y  $\text{B}_H$ , por efecto del factor potencial osmótico (Cuadros 15 y 16 y Figuras 3 y 4). También se obtuvieron resultados con la misma tendencia en  $\text{Ca}_F$  en dos ocasiones,  $\text{Fe}_H$  y  $\text{Fe}_T$  debido al efecto del factor

concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva (Cuadros 12 y 13 y Figuras 5, 6, 8 y 9). Por último también se observó esta tendencia de curva de Gauss en la concentración de  $\text{Fe}_\text{H}$ , debido al factor concentración de  $\text{NH}_4^+$  (Cuadros 18, 19 y 20 y Figura 7).

**Figura 3.** Concentración de Ca en flor de *Lilium* híbrido Asiático ‘Brunelo’ por efecto del factor variable potencial osmótico (O) y los factores fijos  $\text{N-NH}_4^+$  (12.5 %) y niveles de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  de la solución nutritiva.



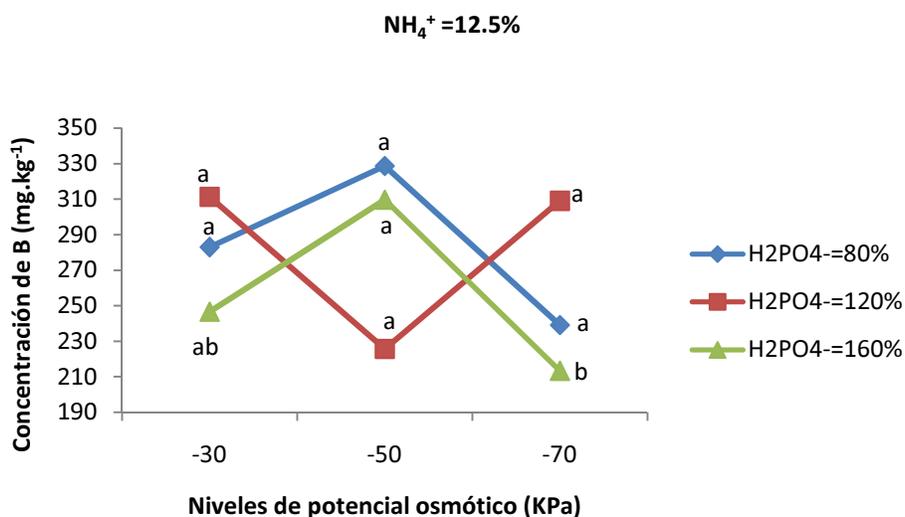
| Potencial Osmótico | Concentración de P ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) |       |        |
|--------------------|--|-------|--------|
|                    | 80 % <sup>(1)</sup>                              | 120 % | 160 %  |
| -30 KPa            | 0.35 a <sup>(2)</sup>                            | 0.5 b | 0.4 a  |
| -50 KPa            | 0.4 a  | 0.9 a | 0.45 a |
| -70 KPa            | 0.55 a   | 0.4 b | 0.5 a  |

VS=0.3826

<sup>(1)</sup> % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva Steiner.

<sup>(2)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé,  $\alpha \leq 0.05$ ).

**Figura 4.** Concentración de B en hoja de *Lilium* híbrido Asiático ‘Brunelo’ por efecto del factor variable potencial osmótico (O) y los factores fijos N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (12.5 %) y niveles de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> de la solución nutritiva.



| Potencial Osmótico | Concentración de P (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) |                        |          |           |
|--------------------|---|------------------------|----------|-----------|
|                    | O   | 80 % <sup>(1)</sup>    | 120 %    | 160 %     |
| -30 KPa            |   | 282.9 a <sup>(2)</sup> | 311.3 a  | 246.65 ab |
| -50 KPa            |   | 328.6 a                | 225.65 a | 309.65 a  |
| -70 KPa            |   | 239.05 a               | 309.05 a | 213.2 b   |
| VS=96.5156         |   |                        |          |           |

<sup>(1)</sup> % de la concentración del H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva Steiner.

<sup>(2)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé,  $\alpha \leq 0.05$ ).

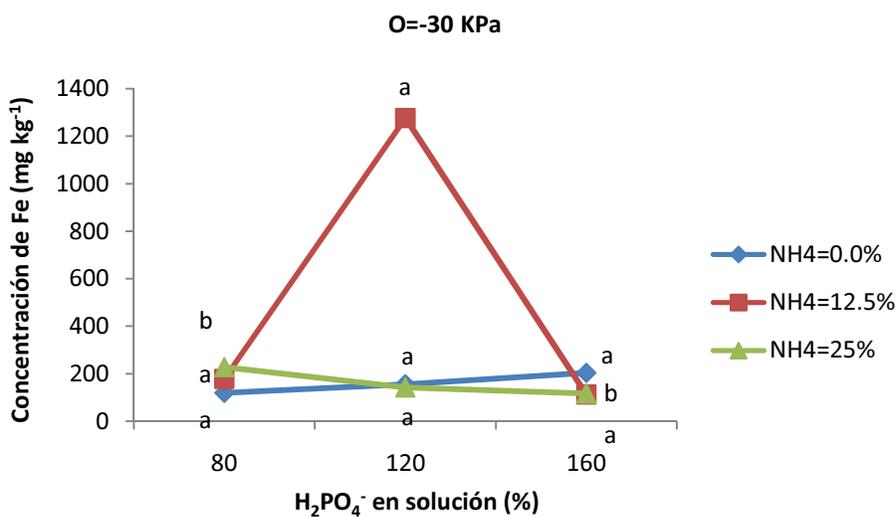
En todas estas curvas de respuesta destacó el hecho de que con el nivel intermedio del factor en estudio se obtuvo la mayor concentración del nutrimento y con el nivel mayor la concentración se abatió, ambos efectos fueron estadísticamente significativos ( $\alpha \leq 0.05$ ); de manera aparentemente contradictoria, esto fue particularmente notorio en el caso del factor variable potencial osmótico, evaluado por medio del contenido de Ca<sub>F</sub> (Fig. 3), ya que a pesar de que la concentración absoluta de Ca aumentó en la solución nutritiva en función inversa

al potencial osmótico, la concentración de  $Ca_F$  disminuyó, cabe indicar que la solución nutritiva con menor potencial osmótico es la más concentrada (ver Cuadro 10 de composición química de las soluciones nutritivas). La explicación a dicho efecto es que al disminuir el potencial osmótico de la solución nutritiva, (o sea, cuando la solución nutritiva tiene mayor concentración total de nutrimentos), disminuye en forma correspondiente la absorción de la solución nutritiva por las plantas (Steiner, 1973, 1980) y aunque la cantidad absoluta de Ca en dicha solución es mayor, la cantidad de Ca absorbida por la planta es menor.

Choi *et al.* (2005) investigaron el efecto de la concentración del Ca en la solución fertilizante en el crecimiento y absorción nutrimental del lirio Oriental (*Lilium longiflorum*) híbrido 'Casa Blanca'. Los pesos frescos de flores cortadas en los tratamientos de la solución fertilizante de 0, 3.0 y 4.5 mM de Ca fueron 176.2, 187.0 y 200.9 g, respectivamente. La elevación de la concentración del Ca en la solución fertilizante desde 0 hasta 6.0 mM dió lugar a un aumento de peso seco de flores cortadas. Sin embargo, concentraciones más altas del Ca que 6.0 mM dieron lugar a una disminución del peso seco. La concentración de Ca en el tejido vegetal en los tratamientos de 3.0, 4.5 y 6.0 mM fue de 2.8, 2.9 y 3.0 %, respectivamente, indicando que el contenido de Ca del tejido vegetal debe ser mayor de 2.8 % para producir la flores de corte de alta calidad.

Con respecto al contenido de  $B_H$  (Fig. 4) debido al factor potencial osmótico, cabe señalar que la concentración de B en las diferentes soluciones nutritivas estudiadas es la misma (aplicado como una solución de micronutrimentos), aunque el potencial osmótico fuese distinto (Cuadro 10 de composición química de las soluciones nutritivas); sin embargo como en el caso de Ca, la absorción de B de la solución nutritiva fue menor conforme disminuyó el potencial osmótico, por lo tanto se infiere que dicha respuesta tiene la misma explicación que en el caso de Ca.

**Figura 5.** Concentración de Fe en hoja de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y los factores fijos potencial osmótico (O=-30 KPa) y niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  de la solución nutritiva.



| Concentración de P<br>$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ | Concentración de amonio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) |          |          |
|---|---|----------|----------|
|   | 0 % <sup>(1)</sup>                            | 12.5 %   | 25 %     |
| 80 % <sup>(2)</sup>                             | 119.45 a <sup>(3)</sup>                       | 177.5 b  | 227.45 a |
| 120 %   | 155.8 a                                       | 1277.1 a | 142.35 a |
| 160 %   | 203.85 a                                      | 112.15 b | 116.35 a |

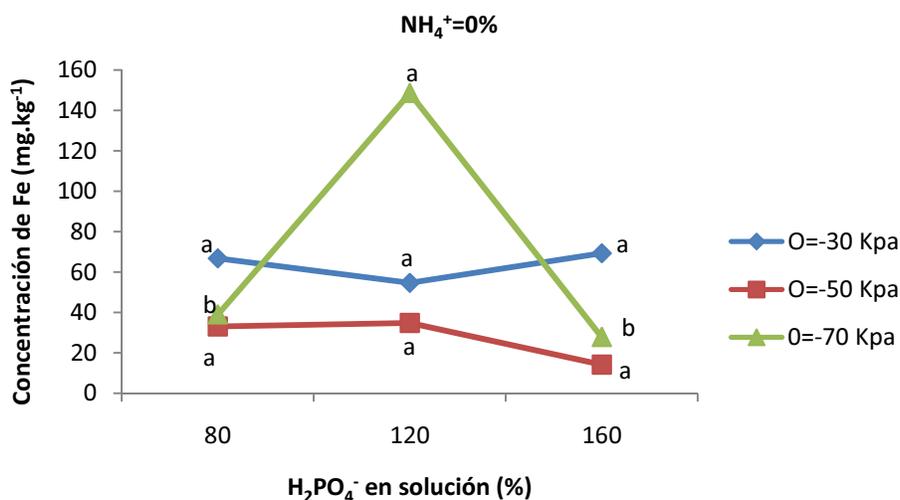
VS=123.21771

<sup>(1)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva

<sup>(2)</sup> % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva Steiner

<sup>(3)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé,  $\alpha \leq 0.05$ ).

**Figura 6.** Concentración de Fe en tallo ( $F_T$ ) de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable  $H_2PO_4^-$  y los factores fijos  $N-NH_4^+$  (0 %) y niveles de potencial osmótico (O) de la solución nutritiva.



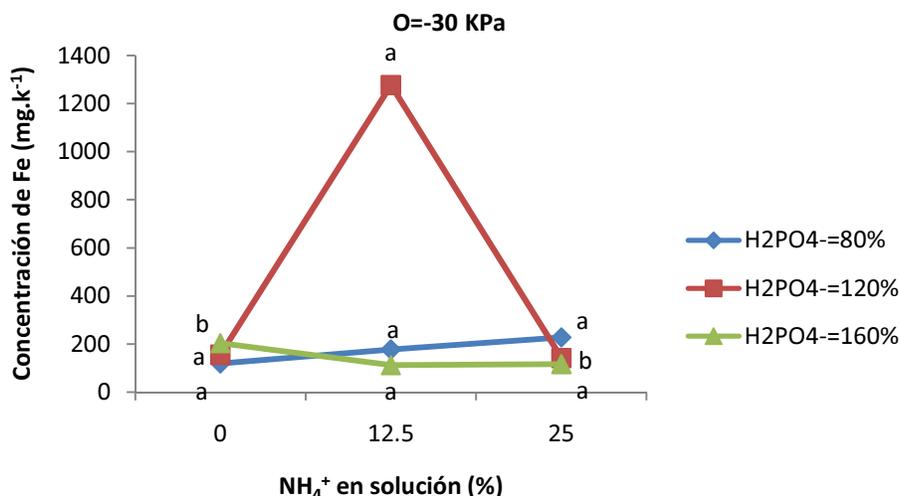
| Concentración de P  | Potencial osmótico (O) |         |          |
|---------------------|------------------------|---------|----------|
|                     | -30 KPa                | -50 KPa | -70 KPa  |
| $H_2PO_4^-$         |                        |         |          |
| 80 % <sup>(1)</sup> | 66.7 a <sup>(2)</sup>  | 33.15 a | 38.95 b  |
| 120 %               | 54.6 a                 | 34.85 a | 148.55 a |
| 160 %               | 69.25 a                | 14.15 a | 27.85 b  |

VS=38.0008

<sup>(1)</sup> % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución nutritiva Steiner

<sup>(2)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé  $\alpha \leq 0.05$ ).

**Figura 7.** Concentración de Fe en hoja de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable  $N-NH_4^+$  y los factores fijos potencial osmótico ( $O=-30$  KPa) y niveles de  $H_2PO_4^-$  de la solución nutritiva.



| Concentración de N | Concentración de P ( $H_2PO_4^-$ ) |          |          |
|--------------------|------------------------------------|----------|----------|
| $NH_4^+$           | 80 % <sup>(1)</sup>                | 120 %    | 160 %    |
| 0 % <sup>(2)</sup> | 119.45 a <sup>(3)</sup>            | 155.8 b  | 203.85 a |
| 12.5%              | 177.5 a                            | 1277.1 a | 112.15 a |
| 25 %               | 227.45 a                           | 142.35 b | 116.35 a |

VS=123.21771

<sup>(1)</sup> % de la concentración del  $H_2 PO_4^-$  en la solución nutritiva Steiner

<sup>(2)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva

<sup>(3)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé  $\alpha \leq 0.05$ ).

En el inciso anterior, Efectos de acidez, se discutió que tanto el aumento de la concentración de  $N-NH_4^+$  como la de  $H_2PO_4^-$ , determinaron que la solución nutritiva se acidificara y este fenómeno causó que disminuyeran las concentraciones de:  $Ca_F$ ,  $Mn_F$ , y  $Fe_T$ . Con respecto a las disminuciones de la concentración de  $Fe_H$  (Fig. 5) y de  $Fe_T$  (Fig. 6) debido al aumento de la concentración de  $H_2PO_4^-$  en la solución nutritiva y también la disminución de  $Fe_H$  debido al aumento de la concentración de  $N-NH_4^+$  (Fig. 7) en la solución nutritiva tienen la misma explicación señalada en el inciso anterior, Efectos de acidez, es decir a concentraciones altas de iones hidrógeno en el sustrato, la eficiencia de la

bomba de salida de iones hidrógeno decrece. Consecuentemente la absorción de cationes en general es inhibida (Marschner, 1995).

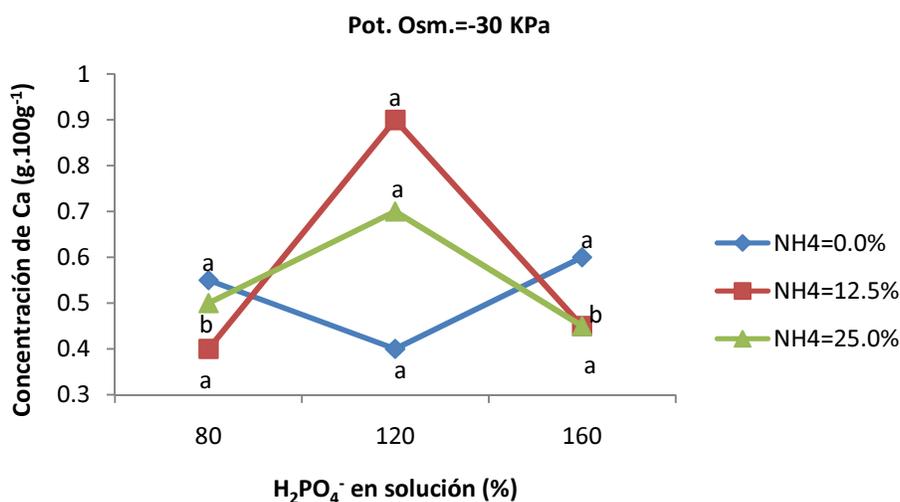
La concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva, aparentemente causó un efecto químico de acidez en la solución, el cual es directamente proporcional a dicha concentración (De Rijck y Schrevenns, 1997). Es a partir de la concentración media a la concentración alta cuando la acidez de la solución disminuye la concentración de  $\text{Fe}_\text{H}$  y  $\text{F}_\text{T}$  (Fig. 5 y 6). De la misma manera la concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  en la solución nutritiva provocó un efecto similar al de los  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ; sin embargo este efecto está relacionado con la acidez que causa la planta cuando es abastecida con  $\text{N-NH}_4^+$  este efecto ya se trató en párrafos anteriores. Marschner (1995) en un estudio con *Phaseolus vulgaris* sobre la concentración de K, Ca, Mg y Mn en la hoja, encontró que los cationes más afectados por  $\text{pH}_{(\text{s})}$  de 4 a 3.3 resultaron ser el Ca y el K.

Sobre el tema de la acidez Marschner (1995) da la explicación siguiente: los efectos de pH en la absorción de cationes están en concordancia con el papel que desempeña la bomba de flujo de protones en la membrana plasmática como fuerza motriz en la absorción de iones. Dicha bomba constituye uno de los principales mecanismos de transporte de iones a través de las membranas. Entre otras funciones transporta iones hidrogeno a través de la membrana plasmática desde la fase interna o citoplasma a la fase externa o apoplasma, creando así un gradiente en el pH y en el electropotencial. En este proceso, el enlace de iones hidrógeno-ATPasa, además del proceso de regulación del pH, se genera la fuerza motriz, o energía para el transporte de iones a través de membranas. La actividad de la membrana plasmática del enlace: iones hidrógeno-ATPasa es particularmente alta en los pelos radicales. A concentraciones altas de iones hidrógeno en el sustrato, la eficiencia de la bomba de salida de iones hidrogeno decrece. Consecuentemente la absorción de cationes en general es inhibida. Se infiere entonces, que es la acidez de la solución nutritiva la causante indirecta de

los síntomas descritos y no precisamente los efectos directos de las altas concentraciones de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  o de  $\text{N-NH}_4^+$ .

El efecto de la concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la concentración de  $\text{Ca}_F$ , tuvo el mismo valor numérico  $0.9 \text{ g } 100^{-1}$  de  $\text{Ca}$ , resultado tanto del efecto de la concentración de P (Figura 8), como del potencial osmótico de la solución nutritiva (Figura 9). Este efecto se debió a que, al aumentar la concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva se incrementó la acidez de dicha solución. Tiene la misma explicación indicada en el párrafo anterior, también la concentración de  $\text{Mn}_F$  queda explicada como un efecto de acidez en la solución nutritiva.

**Figura 8.** Concentración de Ca en flor de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y los factores fijos potencial osmótico (O= -30 KPa) y niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  de la solución nutritiva.



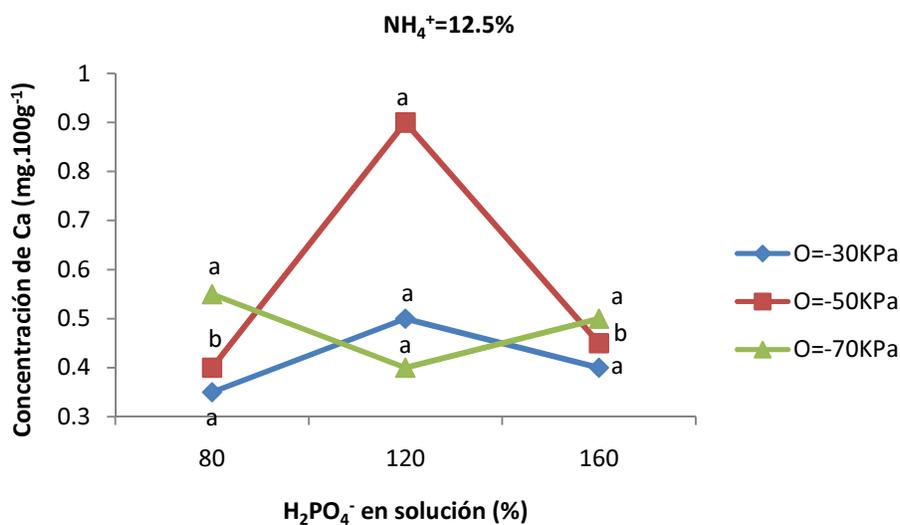
| Concentración de P<br>$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ | Concentración de amonio N- $\text{NH}_4^+$ |        |        |
|---|--|--------|--------|
|   | 0.0 % <sup>(1)</sup>                       | 12.5 % | 25.0 % |
| 80 % <sup>(2)</sup>                             | 0.55 a <sup>(3)</sup>                      | 0.4 b  | 0.5 a  |
| 120 %   | 0.4 a                                      | 0.9 a  | 0.7 a  |
| 160 %   | 0.6 a                                      | 0.45 b | 0.45 a |
| VS=0.38263                                      |  |        |        |

<sup>(1)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva

<sup>(2)</sup> % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva Steiner

<sup>(3)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé  $\alpha \leq 0.05$ ).

**Figura 9.** Concentración de Ca en flor de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y los factores fijos  $\text{N-NH}_4^+$  (12.5 %) y niveles de potencial osmótico (O) de la solución nutritiva.



| Concentración de P<br>$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ | Potencial Osmótico (O) |         |         |
|---|------------------------|---------|---------|
|   | -30 KPa                | -50 KPa | -70 KPa |
| 80 % <sup>(1)</sup>                             | 0.35 a <sup>(2)</sup>  | 0.4 b   | 0.55 a  |
| 120 %   | 0.5 a                  | 0.9 a   | 0.4 a   |
| 160 %   | 0.4 a                  | 0.45 b  | 0.5 a   |
| VS=0.3826                                       |                        |         |         |

<sup>(1)</sup> % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva Steiner

<sup>(2)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé  $\alpha \leq 0.05$ ).

## 5.4 Variables de crecimiento

### 5.4.1 Calibre de bulbo

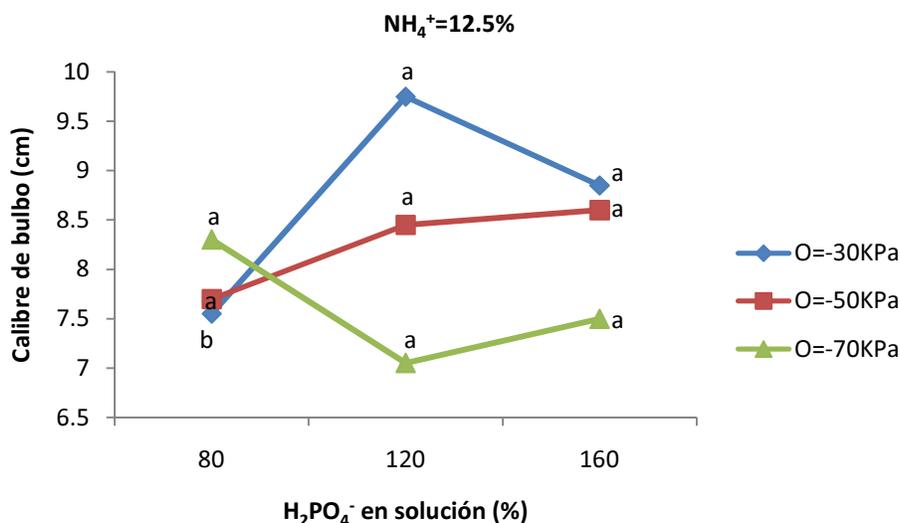
Para la variable de crecimiento calibre de bulbo (CB) de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ) como un efecto de la interacción de los tres factores en estudio, la concentración de  $\text{N-NH}_4^+$ , de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y el potencial osmótico (presión osmótica) de la solución nutritiva. En forma particular, el mayor calibre de bulbo 9.75 cm se obtuvo con la concentración intermedia de  $\text{N-NH}_4^+$  (12.5 % del total de cationes), la concentración intermedia de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (120 % de la concentración del mismo ion en la solución Steiner) y el potencial osmótico mayor -30 KPa (Fig.10) lo que significa que es la solución con menor contenido de sales.

El valor de 9.75 cm de calibre de bulbo, mencionado anteriormente, disminuyó cuando se hizo variar al factor  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en sus diferentes niveles de concentración y permaneciendo como factores fijos la concentración de  $\text{N-NH}_4^+$ : 12.5 % del total de cationes y el potencial osmótico -30 KPa como lo muestra la curva en la Figura 10 de la variable CB.

Con relación al abastecimiento de  $\text{N-NH}_4^+$  para el desarrollo de bulbos Haruki *et al.* (1996) analizaron el crecimiento del bulbo en el medio de cultivo líquido para bulbos de *Lilium japonicum*. La concentración óptima de  $\text{NH}_4^+$  para el alargamiento del bulbo fue de 10-20 mM. El abastecimiento de  $\text{NO}_3^-$  sólo o mayor a 30 mM de  $\text{NH}_4^+$  como la fuente de N retardó el crecimiento del bulbo. La elongación de la raíz fue promovida por el abastecimiento de  $\text{NO}_3^-$  como la única fuente de N. El crecimiento de la raíz fue pobre en el medio que contenía una relación alta  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ . Los bulbos enraizados *in vitro* brotaron en abundancia después de la plantación en el suelo. Con base en los resultados mencionados, los bulbos deben ser cultivados primero en un medio que contenga  $\text{NH}_4^+$  para el alargamiento del bulbo y luego transferirlo a un medio libre de  $\text{NH}_4^+$  para el

desarrollo de la raíz. Estos tratamientos dieron como resultado un buen crecimiento del brote después del trasplante.

**Figura 10.** Calibre de Bulbo (CB) de *Lilium* híbrido Asiático ‘Brunelo’ por efecto del factor variable  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y los factores fijos  $\text{N-NH}_4^+$  (12.5 %) y niveles de potencial osmótico (O) de la solución nutritiva.



| Concentración de P  | Potencial Osmótico (O)    |                      |         |         |
|---------------------|---------------------------|----------------------|---------|---------|
|                     | $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ | -30 KPa              | -50 KPa | -70 KPa |
| 80 % <sup>(1)</sup> |                           | 7.55b <sup>(2)</sup> | 7.7a    | 8.3a    |
| 120 %               |                           | 9.75a                | 8.45a   | 7.05a   |
| 160 %               |                           | 8.85a                | 8.6a    | 7.5a    |
| VS=1.2227           |                           |                      |         |         |

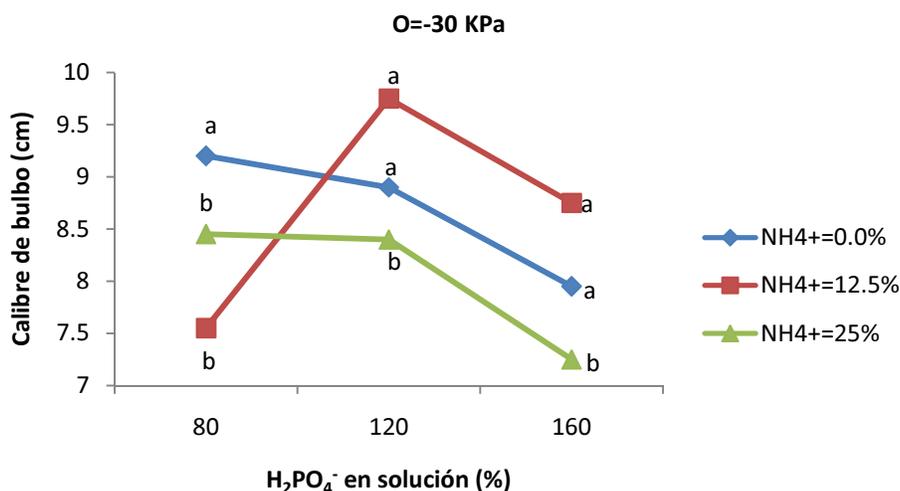
<sup>(1)</sup> % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva Steiner.

<sup>(2)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé ( $\alpha \leq 0.05$ )).

También se presentó una disminución del calibre de bulbo cuando se consideraron como factores fijos el potencial osmótico: -30 KPa y la curva que representa la concentración de  $\text{N-NH}_4^+$ : 12.5 % del total de cationes, teniendo como factor variable la concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , como se observa en la Figura 11 del calibre de bulbo. Haruki *et al.* (1996) analizaron la concentración de iones en el medio de cultivo líquido de bulbos de *Lilium japonicum* con relación al crecimiento

del bulbo Los iones inorgánicos,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$  y especialmente  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  fueron consumidos en grandes cantidades por los bulbos durante el cultivo, mientras que el consumo de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Ca}^{2+}$  fue muy lento. Aún cuando la tasa de absorción de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  proveniente de un medio con alta concentración de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4^-$  fue más alta que la de un medio con una baja concentración, el alargamiento del bulbo no fue promovido. Una alta concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$  en el medio inhibió el crecimiento del bulbo.

**Figura 11.** Calibre de Bulbo de *Lilium* híbrido Asiático ‘Brunelo’ por efecto del factor variable  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y los factores fijos potencial osmótico (O) -30 KPa y niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  de la solución nutritiva.



| Concentración de P  | Concentración de amonio (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) |        |        |
|---------------------|---|--------|--------|
|                     | 0.0 % <sup>(1)</sup>                                      | 12.5 % | 25 %   |
| 80 % <sup>(2)</sup> | 9.2 a <sup>(3)</sup>                                      | 7.55 b | 8.45 b |
| 120 %               | 8.9 a   | 9.75 a | 8.4 b  |
| 160 %               | 7.95 a  | 8.75 a | 7.25 b |
| VS=1.2227           |   |        |        |

<sup>(1)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva.

<sup>(2)</sup> % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva Steiner.

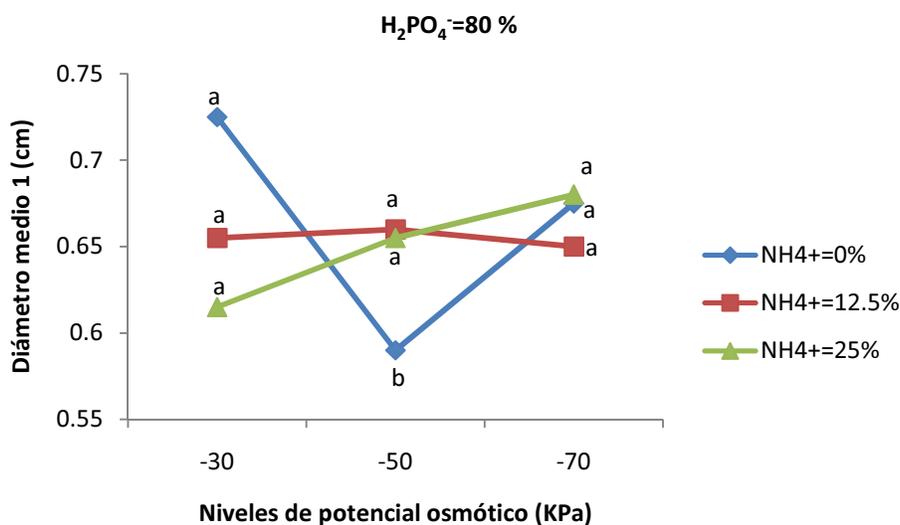
<sup>(3)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé  $\alpha \leq 0.05$ ).

#### 5.4.2 Diámetro medio del tallo 1

El Diámetro medio del tallo 1 (DM1) de 'Brunelo', presentó el mayor valor 0.725 cm, con la menor concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  (0 %), la concentración menor de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  80 % con relación al mismo ión de la solución Steiner y el mayor potencial osmótico, -30 KPa, éste valor disminuyó en forma estadísticamente significativa ( $\alpha \leq 0.05$ ) midiendo 0.59 cm al disminuir el potencial osmótico a -50 KPa (solución nutritiva más concentrada con respecto a la anterior) (Fig. 12).

Tomando en cuenta que la determinación del diámetro medio del tallo 1 corresponde a una etapa inicial del crecimiento, no es sorprendente que en esta etapa la planta respondiera más favorablemente a una solución nutritiva poco concentrada en todos sus nutrimentos y sin  $\text{N-NH}_4^+$  adicional (0 %); Mengel y Kirby (1987) señalan que la variación en la respuesta a las diferentes relaciones  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  está en función de la especie vegetal, la etapa de desarrollo y la intensidad luminosa, entre otros fenómenos. Esta situación se confirma con lo señalado por Haruki *et al.* (1996) al indicar que un medio libre de  $\text{NH}_4^+$  favorece el desarrollo de la raíz en la etapa inicial de crecimiento del bulbo, después del trasplante del mismo, lo cual puede ser semejante a la etapa posterior a la plantación de bulbos para la producción de flor.

**Figura 12.** Diámetro medio del tallo 1 de *Lilium* híbrido Asiático ‘Brunelo’ por efecto del factor variable potencial osmótico (O) y los factores fijos  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (80 %) y niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  de la solución nutritiva.



| Potencial osmótico | Concentración de amonio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) |        |        |
|--------------------|---|--------|--------|
| O                  | 0.0 % <sup>(1)</sup>                          | 12.5 % | 25 %   |
| -30 KPa            | 0.725a <sup>(2)</sup>                         | 0.655a | 0.615a |
| -50 KPa            | 0.59b   | 0.66a  | 0.655a |
| -70 KPa            | 0.675a  | 0.65a  | 0.68a  |
| VS=0.0933          |   |        |        |

<sup>(1)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva

<sup>(2)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé  $\alpha \leq 0.05$ ).

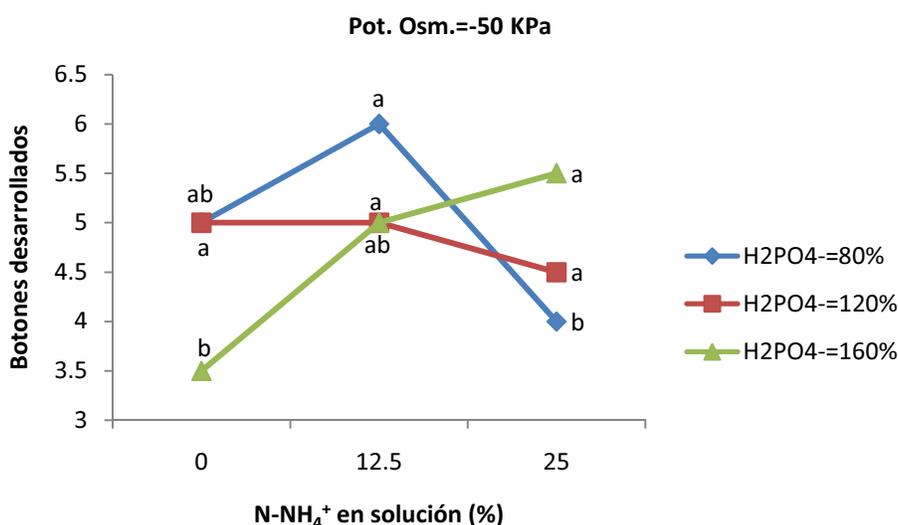
#### 5.4.3 Botones desarrollados

Los botones desarrollados (BD) que representan el tamaño de la flor, se midieron un día antes de la apertura de la misma, es la expresión más representativa en esta investigación por tratarse de un cultivo florícola y más aun cuando se trata de flores de corte.

Se obtuvo diferencia significativa ( $\alpha \leq 0.05$  %) cuando la variable alcanzó el valor mayor (6 botones) con la concentración media de  $\text{N-NH}_4^+$  12.5 % del total

de cationes, potencial osmótico -50 KPa y con el nivel bajo de la concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  80 % con relación al mismo ion en la solución nutritiva Steiner (Fig. 13). Al respecto Rees (1972) señala que en el cultivo de tulipán, una planta bulbosa, el nitrógeno es absorbido en cantidades más grandes, seguido por el potasio y en menor cantidad el fósforo.

**Figura 13.** Botones desarrollados de *Lilium* híbrido Asiático ‘Brunelo’ por efecto del factor variable  $\text{N-NH}_4^+$  y los factores fijos potencial osmótico (O) -50 KPa y niveles de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  de la solución nutritiva.



| Concentración de N | Concentración de P ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) |                     |       |       |
|--------------------|--|---------------------|-------|-------|
|                    | $\text{NH}_4^+$                                  | 80 % <sup>(1)</sup> | 120 % | 160 % |
| 0 % <sup>(2)</sup> |  | 5ab <sup>(3)</sup>  | 5a    | 3.5b  |
| 12.5 %             |  | 6a                  | 5a    | 5ab   |
| 25 %               |  | 4b                  | 4.5a  | 5.5a  |
| VS=1.535           |  |                     |       |       |

<sup>(1)</sup> % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva Steiner.

<sup>(2)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva.

<sup>(3)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé  $\alpha \leq 0.05$ ).

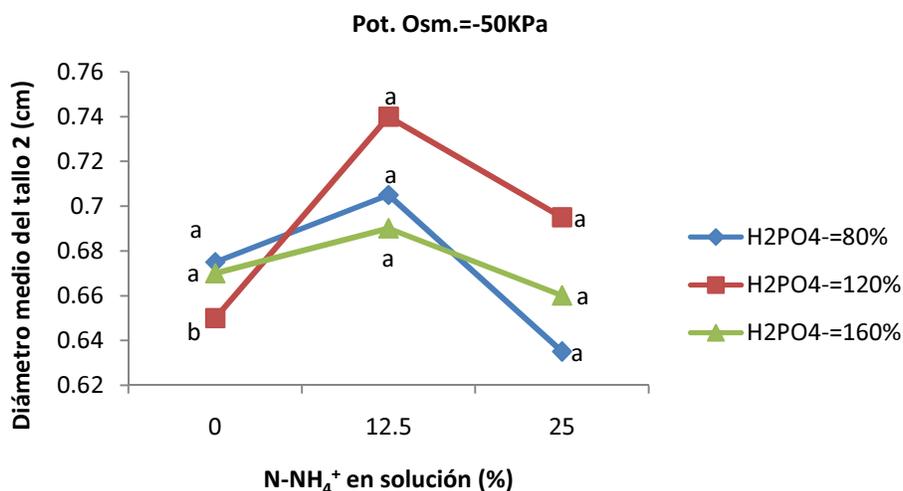
#### 5.4.4. Diámetro medio del tallo 2

Con esta variable también se encontró el mayor valor que correspondió a las concentraciones medias de los tres factores en estudio ( $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y

potencial osmótico) Fig. 14. El valor más alto fue de 0.74 cm, que se obtuvo con los factores fijos potencial osmótico -50 KPa y la curva del ión  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  al 120 %, teniendo como factor variable los niveles de  $\text{N-NH}_4^+$ . Es importante destacar que el Diámetro medio del tallo 2 (DM2), también sirvió para diferenciar efectos estadísticamente significativos ( $\alpha \leq 0.05$ ).

Los resultados coincidentes encontrados para estas dos últimas variables (Diámetro medio del tallo 2 y diámetro basal del tallo 2) son sorprendentes si se considera la morfología del *Lilium*. La planta es una monocotiledonea de un solo tallo, donde el aumento en el diámetro basal por efecto de la nutrición se observó tanto en la base del tallo como en la parte media del mismo.

**Figura 14.** Diámetro medio del tallo 2 (DM2) de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable  $\text{N-NH}_4^+$  y los factores fijos potencial osmótico (O) -50 KPa y niveles de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  de la solución nutritiva.



| Concentración de N<br>$\text{NH}_4^+$ | Concentración de P ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) |         |        |
|---------------------------------------|--|---------|--------|
|                                       | 80 % <sup>(1)</sup>                              | 120 %   | 160 %  |
| 0 % <sup>(2)</sup>                    | 0.675 a <sup>(3)</sup>                           | 0.65 b  | 0.67 a |
| 12.5 %                                | 0.705 a  | 0.74 a  | 0.69 a |
| 25 %                                  | 0.635 a  | 0.695 a | 0.66 a |

VS=0.0732

<sup>(1)</sup> % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva Steiner

<sup>(2)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva

<sup>(3)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé  $\alpha \leq 0.05$ ).

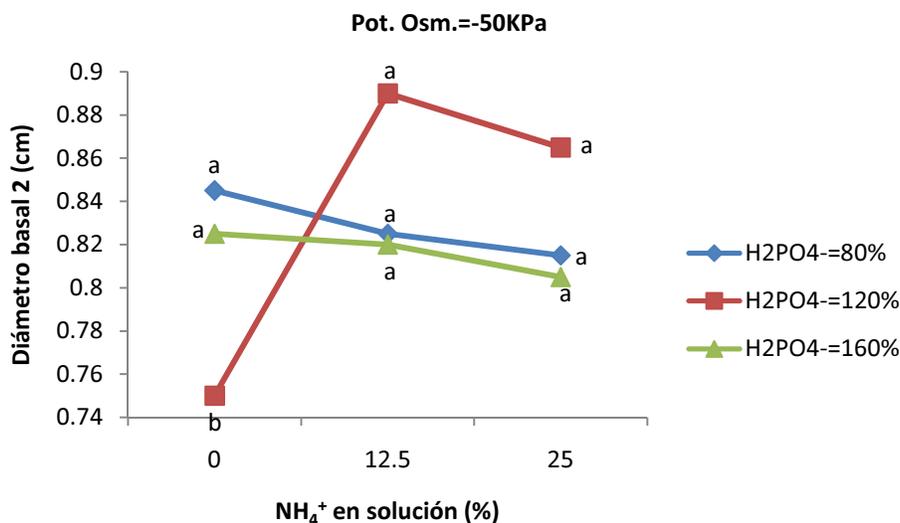
#### 5.4.5 Diámetro basal del tallo 2

Para la variable Diámetro basal del tallo 2 (DB2) de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' con los valores medios de los factores en estudio  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y potencial osmótico se obtuvo el valor mayor (0.89 cm), éste valor fue estadísticamente superior ( $\alpha \leq 0.05$ ) al obtenido (0.75 cm) con el mismo potencial osmótico, la misma concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , pero el nivel menor de concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  (Fig. 15)

Es importante destacar que con la solución nutritiva que maximizó el DB2, también se obtuvieron las mayores concentraciones de nutrimentos en la planta por efecto del potencial osmótico como fue el contenido de  $\text{Ca}_F$  y  $\text{K}_T$  (Cuadro 15 y 16). También por efecto de la concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución, nuevamente  $\text{Ca}_F$  y  $\text{K}_T$  (Cuadros 12 y 13), finalmente por efecto del  $\text{N-NH}_4^+$  en la solución se obtuvieron las mayores concentraciones de  $\text{Ca}_F$  y de  $\text{Mn}_F$  (Cuadros 18 y 19)). Los resultados obtenidos de diámetro basal del tallo 2 y las concentraciones de los nutrimentos indicados, permite inferir que el cultivo de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' estuvo bien abastecido con los nutrimentos y el potencial osmótico de las soluciones nutritivas y que existe una correspondencia directa entre el vigor del tallo y la presencia de los niveles de nutrimentos, bajos y medios estudiados.

Es importante destacar el uso de esta variable, Diámetro basal del tallo 2 (DB2) para diferenciar efectos estadísticamente significativos ( $\alpha \leq 0.05$ ) debidos a la fertilización del *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo', como fue el caso particular en este estudio, para variaciones en las aplicaciones de  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y el potencial osmótico de la solución nutritiva.

**Figura 15.** Diámetro basal del tallo 2 (DB2) de *Lilium* híbrido asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable  $\text{N-NH}_4^+$  y los factores fijos potencial osmótico (O) - 50 KPa y niveles de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .



| Concentración de N | Concentración de P ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) |                       |        |        |
|--------------------|--|-----------------------|--------|--------|
|                    | $\text{NH}_4^+$                                  | 80 % <sup>(1)</sup>   | 120 %  | 160 %  |
| 0 % <sup>(2)</sup> |  | 0.845a <sup>(3)</sup> | 0.75b  | 0.825a |
| 12,5 %             |  | 0.825a                | 0.9a   | 0.82a  |
| 25 %               |  | 0.815a                | 0.865a | 0.805a |

VS=0.0818

<sup>(1)</sup> % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva Steiner

<sup>(2)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva

<sup>(3)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé  $\alpha \leq 0.05$ ).

#### 5.4.6 Días vida en florero

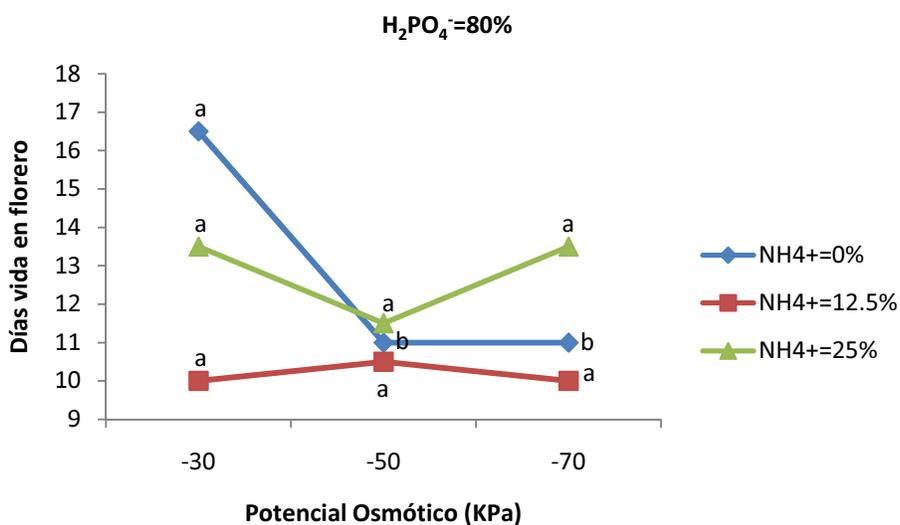
El mayor número de días vida en florero (DVFLO), 16.5 días, se obtuvo con la solución nutritiva sin  $\text{N-NH}_4^+$  (0 %), la concentración menor de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  80 % de la concentración de este ión en la solución de Steiner y el potencial osmótico mayor -30 KPa, dicho valor (16.5 días) disminuyó a 11.0 días, cuando se utilizó la solución con el potencial osmótico intermedio (-50 KPa), como se observa en la Fig. 16.

En la misma forma el mayor valor de días vida en florero disminuyó de 16.5 a 10 días cuando se utilizó el nivel intermedio de  $\text{N-NH}_4^+$  (12.5 %), como se observa en la Fig. 17.

Por último el valor mencionado de 16.5 días disminuyó a 10.5 días, valor estadísticamente significativo ( $\alpha \leq 0.05$ ) cuando se cambió el nivel menor de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  por el nivel medio del mismo nutrimento, Fig. 18.

Los resultados anteriores concuerdan entre sí y señalan que para la producción de flor de corte de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo', los tratamientos probados en este estudio mostraron que con el uso de la solución nutritiva con los niveles mínimos ( $\text{N-NH}_4^+$  0 %,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  80 % y potencial osmótico -30 KPa) se obtuvo el mayor número de días vida en florero. Si se considera que el potencial osmótico define la concentración iónica o contenido de sales de la solución nutritiva, esta solución fue la menos salina, por lo cual proporcionó las flores con más días vida en florero. Shilo *et al.* (2002) estudiaron el efecto del riego a largo plazo con agua salina sobre el rendimiento de flor de calidad, en tres cultivos herbáceos, de importancia comercial como flor de corte, los cultivares Emily de *Limonium japonese*, *Trachelium caeruleum* y *Eustoma grandiflorum* (lisiantus) y dos especies bulbosas *Hippeastrum hybridum* y *Ornithogalum arabicum*. El trabajo mostró que la salinidad puede mejorar la calidad de algunas flores de corte herbáceas. En contraste a su efecto benéfico sobre las especies herbáceas, la salinidad condujo a una reducción significativa de bulbo, hoja y peso de raíz de las dos especies bulbosas, *H. hybridum* y *O. arabicum*.

**Figura 16.** Días vida en florero (DVFLO) de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable potencial osmótico (O) y los factores fijos  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (80 %) y niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  de la solución nutritiva.

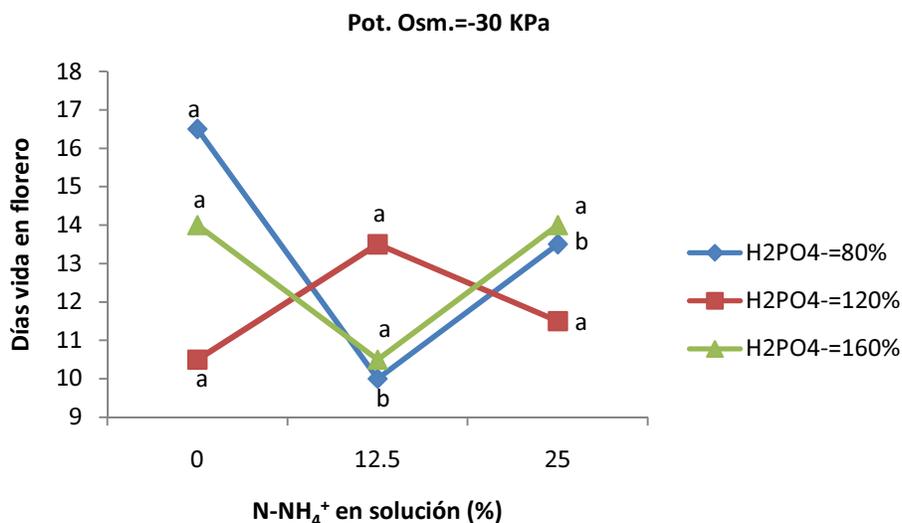


| Potencial Osmótico<br>O | Concentración de amonio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) |        |       |
|-------------------------|---|--------|-------|
|                         | 0 % <sup>(1)</sup>                            | 12.5 % | 25 %  |
| -30 KPa                 | 16.5a <sup>(2)</sup>                          | 10a    | 13.5a |
| -50 KPa                 | 11b   | 10.5a  | 11.5a |
| -70 KPa                 | 11b   | 10a    | 13.5a |
| VS=5.4568               |   |        |       |

<sup>(1)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva.

<sup>(2)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé  $\alpha \leq 0.05$ ).

**Figura 17.** Días vida en florero (DVFL) de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' por efecto del factor variable  $N-NH_4^+$  y los factores fijos potencial osmótico (O) - 30 KPa y niveles de  $H_2PO_4^-$  de la solución nutritiva.



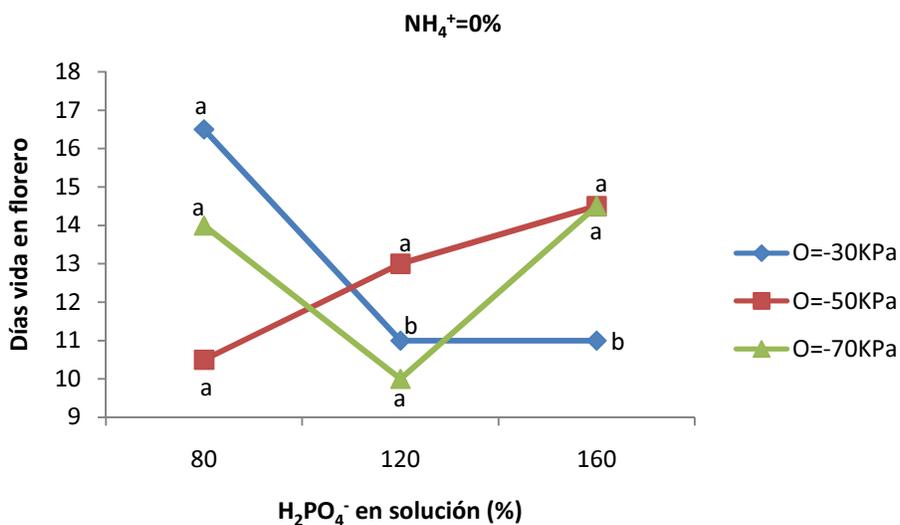
| Concentración de N | Concentración de P ( $H_2PO_4^-$ ) |                      |       |       |
|--------------------|------------------------------------|----------------------|-------|-------|
|                    | $NH_4^+$                           | 80 % <sup>(1)</sup>  | 120 % | 160 % |
| 0 % <sup>(2)</sup> |                                    | 16.5a <sup>(3)</sup> | 10.5a | 14a   |
| 12,5 %             |                                    | 10b                  | 13.5a | 10.5a |
| 25 %               |                                    | 13.5b                | 11.5a | 14a   |
| VS=5.4568          |                                    |                      |       |       |

<sup>(1)</sup> % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución nutritiva Steiner

<sup>(2)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva

<sup>(3)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé  $\alpha \leq 0.05$ ).

**Figura 18.** Días vida en florero (DVFLO) de *Lilium* híbrido Asiático ‘Brunelo’ por efecto del factor variable  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y los factores fijos  $\text{N-NH}_4^+$  0 % y niveles de potencial osmótico (O) de la solución nutritiva.



| Concentración de P        | Potencial osmótico (O) |        |        |
|---------------------------|------------------------|--------|--------|
|                           | -30KPa                 | -50KPa | -70KPa |
| $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ |                        |        |        |
| 80 % <sup>(1)</sup>       | 16.5a <sup>(2)</sup>   | 11a    | 11a    |
| 120 %                     | 10.5b                  | 13a    | 14.5a  |
| 160 %                     | 14b                    | 10a    | 14.5a  |
| VS=5.4568                 |                        |        |        |

<sup>(1)</sup> % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva

<sup>(2)</sup> Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales (Scheffé ( $\alpha \leq 0.05$ )).

## VI. CONCLUSIONES

Las respuestas de las variables de crecimiento, desarrollo y concentración de nutrimentos en hojas, tallos y flores de *Lilium* híbrido 'Brunelo' estuvieron relacionadas entre sí y correspondieron básicamente a efectos interactivos de los tres factores de estudio: potencial osmótico, concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y de  $\text{N-NH}_4^+$  de la solución nutritiva.

Así mismo, se consideró apropiada la selección de los niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (0, 12.5 y 25 % del total de la concentración de cationes), de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (80, 120 y 160 %, con respecto a la concentración de este ión en la solución nutritiva de Steiner) y el potencial osmótico (-30, -50 y -70 KPa), ya que las concentraciones de Ca en flor, B en hoja, K en tallo, Fe en hoja, P en flor y Mn en flor, alcanzaron el mayor valor con alguno de dichos niveles, predominantemente con el nivel medio de cada uno de ellos.

En la solución nutritiva con potencial osmótico de -70 Kpa , concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  de 120 % y 0 % de  $\text{N-NH}_4^+$ , solución  $\text{O}_3\text{N}_1\text{P}_2$ , se obtuvieron las mayores concentraciones de P, K, Ca, Mg, Mn, Fe o B en algún órgano(s), como flor, hoja o tallo de las plantas de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo'

El aumento en la concentración de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva generó acidez en la misma, de igual manera que el aumento de la concentración de  $\text{N-NH}_4^+$ , ocasionando disminución en la concentración de Ca en flor ( $\text{Ca}_F$ ), Mn en flor ( $\text{Mn}_F$ ) y/o Fe en tallo ( $\text{Fe}_T$ ) de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo'.

La solución nutritiva con los niveles medios de  $\text{N-NH}_4^+$  12.5 % del total de la concentración de cationes de la solución nutritiva,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  120 % con relación a la concentración de este ión en la solución de Steiner y el potencial osmótico de -50 Kpa, propició el mayor diámetro medio del tallo 2 y el diámetro basal del tallo 2, así

como las mayores concentraciones de  $\text{Ca}_F$ , K en tallo ( $\text{K}_T$ ) y/o  $\text{Mn}_F$  de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo'.

La solución nutritiva con los niveles mínimos de  $\text{N-NH}_4^+$  0 %,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  80 % con relación a la concentración de este ión en la solución de Steiner y el potencial osmótico de -30 Kpa, proporcionó el mayor número de días vida en florero de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo'.

## VII. LITERATURA CITADA

- Alcántar G., G. y M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial núm. 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México.
- An, D. C., Y. D. Chin, J. C. Hwang, J. K. Kim, Y. M. Jeong and B. R. Jeong. 2002. Effect of  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{NH}_4^+$  ratio in hydroponic solution on yield and quality of cut rose cultivars. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43: 617-622.
- Armenta B., A. D. 1998. Relaciones óptimas de aniones y cationes en la solución nutritiva en riego por goteo para la producción de tomate. Tesis Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. De México.
- Armitage, M. A. 1993. Speciality Cut Flowers. Varsity Press/Timber Press. Portland, Oregon, USA.
- Asher, C.J., and D.G. Edwards. 1983. Modern solution culture techniques. pp 94 - 199. *In*: A. Pirson and M. H. Zimmermann (ed). Encyclopedia of Plant Physiology. Vol. 15-A.
- Auge, R. M.; A. J W. Stodola and D.M. Gealy. 1990. Turgor maintenance in *Rosa rugosa* grown at three levels of nitrogen and subjected to drought. Journal-of-Environmental-Horticulture-, 8: 3, 108 – 112.
- Baca C., G. A. 1983. Efecto de la solución nutritiva, la frecuencia de los riegos, el substrato y la densidad de siembra en cultivos hidropónicos al aire libre de pepino, melón y jitomate. Tesis Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México.
- Bañón, A. S.; G. A. González, H. J. Fernández y R. D Cifuentes. 1993. Gerbera, Liliium, Tulipán y Rosa. Ediciones Mundiprensa. Madrid España.
- Barker, A. V., and D. N. Maynard. 1972. Cation and nitrate accumulation in pea and cucumber plants as influenced by nitrogen nutrition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97:27-30.
- Barker, A. V. and R. Bradfield. 1963. Effect of Potassium and Nitrogen on the Free Amino Acid Content of Corn Plants. Agronomy Journal, 55: 465-470
- Blair, G.J., M.H. Miller, and W.A. Mitchell. 1970. Nitrate and ammonium as sources of N for corn and their influence on the intake of other ions. Agron. J. 64: 530-532.
- Brearen, L. y C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. pp. 595-634. *In*: A.L. Page, R.H. Miller y D.R. Keeney (eds.). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties (Agronomy 9). 2nd ed. ASA, SSSA. Madison, WI.

- Broschat, T.K. 1998. Hort Technology. 8: 3, 346-348.
- Bugarín M, R., G.A Baca C., J. Martínez H., J.L. Tirado T. y A. Martínez G. 1998a. Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. I. Crecimiento y floración. Terra 16: 113-124.
- Bugarín M, R., G.A Baca C., J. Martínez H., J.L. Tirado T. y A. Martínez G. 1998b. Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. II. Extracción nutrimental de hojas. Terra 125-134.
- Cao, W. and T.W. Tibbits. 1994. Response of Potatoes to solution pH Levels with Different Forms of Nitrogen. J. Plant Nutr. 17: 109-126.
- Cao, W. and T.W. Tibbits. 1998. Response of Potatoes to Nitrogen Concentrations Differ with Nitrogen Forms. J. Plant Nutr. 21: 615-623.
- Centro internacional de Bulbos de Flor (s.f. a). El Liliun para flor cortada en zonas subtropicales. Hillegon, Holanda.
- Centro Internacional de Bulbos de Flor (s.f. b). Manual para la elección de variedades bulbosas de flor. Hillegon, Holanda.
- Choi, J. M., K. H. Lee and E. M. Lee. 2005. Effect of Calcium Concentrations in Fertilizer Solution on Growth of and Nutrient Uptake by Oriental Hybrid Lily 'Casa Blanca'. Proc. IX<sup>th</sup> International. Symp. On Flower Bulbs. Eds.: H. Okubo, W. B. Miller and G. A. Chastagner. Acta Hort. 673: 755 – 760.
- Choi, J. M., K. H. Lee y B. Y. Yeon. 2004. Effect of potassium concentrations in fertilizer solution on growth of and nutrient uptake by Oriental hybrid lily 'Casa Blanca'. Kor. Jour. Hort. Sci. Tech. 22 (3), pp. 339-345.
- Claridades agropecurias. 2006. La floricultura mexicana, el gigante que esta despertando. Edición mayo-junio. No. 154. México D.F. 60 p. <<http://www.aserca.gob.mx/sicsa/claridades/marcos.asp?numero=154>>.
- Coic, Y. 1973. Les problemes de composition et de concentration des solutions nutritives en culture sans sol. En Proc. 3rd Int. Cong. Soilless Cult. Sassari, Italy P. 158-164.
- Coic y Lesaint 1969. Les problemes de composition of the strawberry plant as affected by source of nitrogen and pH value of de nutrient medium. Bull. New Jersey Agric. Exp. Stat. 691.
- Coic, Y; C. Lesaint 1973. Le probleme de proportion des formes  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NH}_4^+$  de la nutrition azotee dans les cultures sans sol. IWOSC Proc. Third Int. Congr. Soiless Cult., 13-19.

De Classen, M. E. T. and G. E. Wilcox. 1974. Effect of nitrogen form on growth and composition of tomato and pea tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99:171-174.

De Hertogh, A. 1989. Guidelines for forcing Flowering bulbs as potted plants in the United States and Canada. May 1989.

De Rijck, G. and E. Schrevens. 1997. pH Influenced by the Elemental Composition of Nutrient Solutions. *J. Plant Nutr.* 20 (7 & 8). 911-923.

De Rijck, G. and E. Schrevens. 1998. Cationic specification in nutrient solution as a function of pH. *J. Plant Nutr.* 21 (5). 861-870.

Dibb D. W. and L. F. Welch. 1976. Corn Growth as Affected By Ammonium vs. Nitrate Absorbed From Soil. *Agronomy Journal*, 68: 89-94

Dinev, N.y I. Stoncheva 1995, Response of wheat and maize to different nitrogen sources: I. Plant growth and biomass accumulation. *J. Plant Nutr.* 18 (6): 1275-1280.

Dorota, Z. H. 1996. Microirrigation and fertigation of vegetables. *Simposium Internacional de Fertirrigación. Memorias. Hermosillo, Sonora, México.*

El-Gendy-WMN, Hosni-AM, Saleh-SE, Zaghloul-MA. 1995. Effect of different levels of nitrogen fertilization on the growth of *Dracaena draco* (Drake). *Annals of agricultural Science Cairo.* 40: 2, 867-876.

Elliot, C. G. y P. V. Nelson, 1983. Relationships among nitrogen accumulation, nitrogen assimilation and plant growth in *crysanthemus*. *Physiol. Plant.* 57: 250-259.

Feigin, A.. 1990. Interactive effects of salinity and ammonium/nitrate ratio on growth and chemical compositions of melon plants. *J. Plant Nutr.* 13 (10): 257-1269.

Fenn L.B., R. M. Taylor, and C. M. Burks. (1993) Influence of plant Age on Calcium Stimulated Ammonium Absorption by Radish and Onion. *J. Plant Nutr.* 16: 1161-1177.

Flores, R.J.S. 1999. Concentración total de sales y de magnesio en el cultivo hidropónico de rosál. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. pag. 222.

Ganmore N. R. and U. KafKafi. 1980. Root temperature and percentage  $\text{NO}_3/\text{NH}_4$  effect on tomato plant development. I. Morphology and growth. *Agron. J.* 72 (5), 758-761.

Ganmore, N. R. and U. Kafkafi. 1983. The Effect of Root temperature and  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  ratio on strawberry plants. II. Nutrient uptake and plant composition. *Agron. J.* 77: 335-340.

Ganmore, N. R. and U. Kafkafi. 1985. The effect of Root Temperatura and Nitrate/ Amonium Ratio on Strawberry Plants.II. Nitrogen Uptake, Mineral Ions, and Carboxylate Concentrations. *Agronomy Journal*, Vol. 77.

Gerendás, J., Z. Zhu, R. Bendixen, R. G. Ratcliffe and B. Sattelmacher. 1997. Physiological and biochemical processes related to ammonium toxicity in higher plants. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* Vol 160: 239-251.

González, L.D.M. 2009. Solución nutritiva universal steiner con diferentes concentraciones de  $\text{N-NO}_3$  para el cultivo de alcatraz blanco (*Zantedeschia albomaculata*) y amarillo (*Zantedeschia elliotiana*). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 79 p.

Goyal, S. S. y R. C. Huffaker. 1984. Nitrogen toxicity in plants. pp 97-117. *In*: R. D. Hauck (ed.) Nitrogen in crop production. ASA,CSSA, and SSSA, Madison, WA. USA.

Gutiérrez García, A. S. 1997. Presión osmótica y proporción de fósforo en la solución nutritiva para la producción de semilla de jitomate. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Montecillo, México. 128 p.

Hageman, R. H. 1984. Ammonium versus nitrate nutrition of higher plants, P. 67-85. *In*: R.D. Hauck (ed.), Nitrogen in crop Production. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA..

Hagiya, K. y W. Amaki. 1966. Nutritional Studies on tulips III Seasonal changes in the absorption of three major elements and water. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 35,

Haruki, K., K. Yamada, T. Hosoki, K. Ohta. 1996. Effects of nitrogen source, phosphate and sulfate in liquid-shaking cultura on the growth of miniature bulbs of *Lilium japonicum* Thumb. *Jour. Jap. Soc. Hort. Sci.* 65 (2), 387-396.

Havlin, J. L., J. D. Jones., S. L. Tisdale. y W. I. Nelson. 1999. Soil Fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management. Prentice Hall. USA.

Hoff, J. E. G. E. Wilcox and C. M. Jones. 1974. The Effect of Nitrate and Ammonium Nitrogen on the Free Amino Acid Composition of Tomato Plants and Tomato Fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99(1): 27-30

Jull, L.G., S. L. Warren and F. A. Blsich. 1994. Nitrogen nutrition of containerized *Cryptomeria japonica* "Elegans aurea". *Journal of Environmental-Horticulture.* 12:4,212-215.

Kacperska, I. 1985. The effect of quantity of NPK fertilizer doses on the yield of gerbera cv. Peter. Prace-Institutu-Sadownictwa-Kwiaciarstwa-w-Skierniewicach,-B-Rosliny-Ozdobne.10, 105- 114

Kafkafi, U., I. Wallerstein, and S. Feigenbaum. 1971. Effect of potassium nitrate and ammonium nitrate on the growth, cation uptake, and water requirement of tomato grown in sand culture. Israel J. Agric. Res. 21: 13-20.

Kawagishi, K. y T. Miura. 1996. Changes in nutrient content of spring-planted edible lily (*Lilium leichtlinii* Hook f. var. *maximowiczii* Baker). Jour. Jap. Soc. Hort. Sci. 65 (2), 339-347.

Kirkby, E. A., and K. Mengel. 1967. Ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea or ammonium nutrition. Plant Physiol. 42: 6-14.

Lara, H. A. 1998. Soluciones nutritivas para cuatro etapas fenológicas del jitomate. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Lee K. H. and J. M. Choi. 2005. Effect of Phosphorus Concentrations in Fertilizer Solution on Growth of and Nutrient Uptake by Oriental Hybrid Lily 'Casa Blanca' . Proc. IX<sup>th</sup> Int. Symp. On Flower Bulbs. Eds.: H. Okubo, W. B. Miller and G. A. Chastagner. Acta Hort. 673: 761 – 767.

Lee, Y. J., C. M. Yang.1998. Short term soil water deficits occurring in vegetative phase to growth and development of Asiatic and Oriental hybrid lilies. Chinese J. Agronmet. 5(3): 143-148.

Leonard, R. T., T. A. Nell, A.A. De Hertogh y L. Gallitano. 1998. Lilies your customers will love. Grower Talks. 62 (1,80,82): 87-89.

Lewis, O. A. M., D. M. James. and E. J. Hewitt. 1986. Nitrogen assimilation in barley (*Hordeum vulgare* cv. Mazurka) in response to nitrate and ammonium nutrition. Ann. Bot. 49: 39-49.

Lian, M. L., D. Chakrabarty, K. Y. Paek. 2002. Growth and uptake of sucrose and mineral ions by bulblets of *Lilium* Oriental Hybrid 'Casa Blanca' during bioreactor culture. Jour. Hort. Sci. Biot. 77 (3), pp 253-257.

Lin, R. S., S. F. Lai, H. E. Shyu. 1999. Effect of  $\text{NO}_3^-$ -N/ $\text{NH}_4^+$ -N ratio on the plant inorganic element content and flowering of *Oncidium* spp. Journal- of-the-Chinese-Society-for-Horticultural-Science., 45 : 1, 43-52.

Lips H. S., E. O. Leidi, M. Silberbush, M. I. M Soares y O. E. M Lewis. 1990. Physiological aspects of ammonium and nitrate fertilization. J. of Plant Nutrition. 13: 1271-1289.

Maftoun, M., I. Rouhani and A. Bassiri. 1980. Effect of Nitrate and Ammonium Nitrogen on the Growth and Mineral Composition of Crassulaceae Acid Metabolism Plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105(3): 460-464

Magalhães, J. R., D. M. Huber. (1989). Maize Growth and Ammonium Assimilation Enzyme Activity in Response to Nitrogen Forms and Ph Control. J. Plant Nutr. 12: 985-996

Magalhães, J. R., D. M. Huber y C. Y. Tsai. 1995. Influence of form of nitrogen on ammonium, aminoacid and N-assimilating enzyme activity in mayze genotypes. J. Plant Nutrition 18 (4): 747-763.

Martínez, B. N. 1999. Estudio nutrimental de alstroemeria híbrida en hidroponía. Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. Pag. 106.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Ed. Academic Press. San Diego, Ca., U.S.A. 889 p.

Maynard, D.N., Barker, A.V. and Lachman, W.C., 1968. Influence of potassium on the utilization of ammonium by tomato plants. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 92: 537-542.

Mengel K. y E. A. Kirkby. 1982. Principles of Plant Nutrition. 3 ed. International Potash Institute. Bern, Switzerland 655 p.

Mengel, K. and E. A. Kirby. 1987. Principles of Plant Nutrition. 4<sup>th</sup> Edición Bern. International Potash Institute. Switzerland. 687 p.

Miller, W. B. 1992. Easter and Hibrid Lily Production. Principles and Practice. Timber Press. Portland, Oregon, USA. 120 p.

MinWha, J., EunJoo, H., XuanChun, P., KeeYoeup, P. 2002. Effect of cold treatment period, bulblet size and nutrient concentration on development of Oriental *Lilium* hybrid cv. Casa Blanca bulblet produced *in vitro*. Jour. Kor. Soc. Hort. Sci. 43 (1), 69-72.

Morti, H. R. y H. A. Mills, H. A. 1991. Nutrient uptake and yield of sweet pepper as affected by stage of development and form. J. Plant Nutr. 14 (11): 1165-1175.

Montang, J. 1997. Guidelines for preparation of dry soluble fertilizer blends & fertilizer solution. Haifa chemical Ltd publications.

Oaks, A. 1986. Biochemical aspects of nitrogen metabolism in whole plant context. In: Fundamental, ecological and agricultural aspects of nitrogen metabolism in higher plants. (ed) Lambers, H., Neeterson, J. J and Stulen, I. pp 3-21.

Osaki. M., J. Shirai, T. Shinano y T. Tadano. 1995. Effects of Ammonium and Nitrate Assimilation on the Growth and Tuber Swelling of Potato Plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 41 (4), 709-719.

Pilbeam, D.J. and E. A. Kirby. 1992. Some aspects of the utilization of nitrate and ammonium by plants. In: K. Mengel and D.J. Pilbeam (eds.) *Nitrogen metabolism of Plants*. Clarendon Press, Oxford.

Pill, W. G. and V. N. Lambeth. 1977. Effects of  $\text{NH}_4$  and  $\text{NO}_3$  nutrition with and without pH adjustment on tomato growth, ion composition, and water relations. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102: 78-81.

Polizotto, K. R., G. E. Wilcox, and C. M. Jones. 1975. Response of Growth and Mineral Composition of Potato to Nitrate and Ammonium Nitrogen. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100 (2):165-168.

Preciado R., P., G.A. Baca C., J.L. Tirado T., J. Kohashi S., L. Tijerina Ch. y A. Martínez G. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra* 20 (3): 267-276

Preciado, R. P. 2001. Fertigación nitrogenada, fosfórica y programa de riego en la producción del cultivo de melón. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. México.

Preciado R., P., G.A. Baca C., J.L. Tirado T., J. Kohashi S., L. Tijerina Ch. y A. Martínez G. 2003. Presión osmótica de la solución nutritiva y la producción de plántulas de melón. *Terra* 21 (4): 461-470

Rees, A. R. 1972. *The Growth of bulbs. Applied aspects of the physiology of ornamental bulbous crop plants*. London: Academic press. 311 p.

Salsac, L. S., J. F. Chaillou, L. Ch. Morot-Gaudry y E. Jolivet. 1987. Nitrate and ammonium nutrition in plants. *Plant. Physiol. Biochem.* 25: 805-812.

Sánchez del Castillo, F. 1997. Valoración de características para la formación de un arquetipo de jitomate para un ambiente no restrictivo. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

Sandoval, V. M., G. Alcantar y J. L. Tirado T. 1992. Effect of the  $\text{NH}_4/\text{NO}_3$  ratio on GS and PECase activities and on dry matter production in wheat. *J. Plant Nutr.* 15(11): 2545-2557.

Sandoval, V. M., G. Alcantar y J. L. Tirado T. 1995. Use of ammonium in Nutrient Solutions. *J. Plant Nutr.* 18(7): 1449-1459.

Sandoval, V. M. 1999. Nitrogen form, length of ammonium supply and solution strength effects on greenhouse tomato. Dissertation of Doctor of Philosophy. Auburn University, Alabama. USA.

Schubert, S. y F. Yan. 1997. Nitrate and ammonium nutrition of plants: effects on acid/base balance and adaptation of root cell plasmalemma H<sup>+</sup> ATPase. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 16: 275-281.

Segal, B. G. 1989. Chemistry experiment and theory. Wiley-Interscience publication. U.S.A. 1008 p.

Shillo, R., M. Ding , D. Pastermak, M. Zaccari. 2002. Cultivation of cut flower and bulb species with saline water. Scientia Horticulturae Amsterdam. 92 (1): 41-54.

SIAP - Sistema integral de información agropecuaria y pesquera. 2009. Avance de siembras y cosechas. <<http://www.siap.sagarpa.gob.mx>>>.

Simonne, E. H., H. A. Mills y D. A. Smittle. 1992. Ammonium reduces growth, fruit yield and fruit quality of watermelon. J. Plant Nutr. 15 (12): 2727-2741.

Stanley, A. B. 1984. Nutrient balance and use. pp 87-95. In: R. D. Hauck (ed.) Nitrogen in crop production. ASA,CSSA, and SSSA , Madison, WA, USA.

Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant and Soil. 15: 134 - 154.

Steiner A.A. 1966. The Influence of the Chemical Composition of a Nutrient Solution on the Production of Tomato Plants. *Plant Soil*. 24: 434-466.

Steiner, A. A. 1968. Soilless culture. pp. 324-341. In: Proceedings of the 6<sup>th</sup> colloquium of the International Potash Institute. Florence, Italy. Published by: Potash Inst. Bern, Switzerland. pp 324-341.

Steiner, A. A. 1969. The principal differences between culture with and without soil. ISOSC Proceeding. Int. Congr. Soilles Cult. 81-90.

Steiner, A. A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution, pp. 43-54. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Congress on Soilless Culture, IWOSC. Sassari, Italy.

Steiner, A. A. 1980. The selective capacity of plants for ions and its importance for the composition and treatment of the nutrient solution. ISOSC. Proceeding of the Fifth International Congress on Soilless Culture. Wageningen, Holland.

Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. ISOSC. Proceeding sixth International Congress on Soilless Culture, pp 633-649.

Steiner, A.A. y H. van Winderen. 1970. Recipe for ferric salts of ethylenediaminetetraacetic acid. *Plant Physiol.* 46: 862-863.

Toledo, R. O. 1997. Efecto de diferentes concentraciones de fósforo en plantas de *Lilium* cv. eurovisión manejadas en hidroponía y sustrato comercial. Tesis de maestría. UACH, Chapingo, Edo. de México. pp 76.

Toledo, R. O. y M. J. Juárez Hernández. 1996. Efecto de la presión osmótica e iones amonio en plantas de *Lilium* en hidroponía. V Congreso Nacional de Horticultura Ornamental. UNAM. Cuautitlan Izcalli, Edo. de México. pp 114-116.

Treder, J. 2001. The effect of light and nutrition on growth and flowering of oriental lilies. *Act. Hort.* No. 548, pp 523-528.

Villegas, R. H. 1994. Estudio fenológico de cuatro variedades de *Lilium* (híbridos Asiáticos) bajo cubierta en Texcoco, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México.

VBN-Federación de subastas holandesas. 2009. Horticultura ornamental holandesa.

[http://www.flowercouncil.org/nl/binary/ES%20def\\_tcm71-134967.pdf](http://www.flowercouncil.org/nl/binary/ES%20def_tcm71-134967.pdf)

Villegas, T., O. G. P. Sánchez G., G.A. Baca C., M.N. Rodríguez M., C. Trejo L., M. Sandoval V. y E. Cárdenas S. 2005. Crecimiento y estado nutricional de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico. *Terra latinoamericana.* 23 (1). 49-56.

Weissman, G. S. 1972. Influence of ammonium and nitrate nutrition on enzymatic activity in soybean and sunflower. *Plant Physiol.* 49 138-141.

Zornoza, P., J. Casselles. y O. Carpena. 1989. Effect of  $\text{NO}_3:\text{NH}_4$  ratio and light intensity on nitrogen partitioning in pepper plants. *J. Plant Nutr.* 12 (3): 307-316.

## VIII. APENDICE

**Cuadro 1A.** Análisis de varianza de variables fisiológicas y de crecimiento en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre los cultivares ‘Mentón’ y ‘Brunelo’ (V) de *Lilium* híbrido Asiático.

| FUENTE               | GL | CLOB                      | CLOS          | LT1           | DM1           | DB1           | LT2           | DM2           | DB2           | LT3           | DM3           | DB3           |
|----------------------|----|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Pr > F               |    |                           |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| N                    | 2  | <b>0.0468<sup>1</sup></b> | 0.5301        | 0.7823        | 0.4055        | 0.5393        | 0.8197        | <b>0.0104</b> | 0.1844        | 0.7495        | <b>0.0082</b> | 0.4639        |
| P                    | 2  | 0.0711                    | 0.5008        | 0.9862        | 0.4577        | <b>0.0156</b> | 0.7502        | 0.2877        | 0.2541        | 0.7661        | 0.6418        | 0.1441        |
| N*P                  | 4  | 0.6907                    | 0.3070        | 0.7802        | 0.7548        | 0.9238        | 0.4827        | 0.1792        | 0.2661        | 0.4527        | 0.4992        | 0.5232        |
| O                    | 2  | <b>0.0230</b>             | <b>0.0406</b> | 0.1705        | 0.3686        | 0.6176        | 0.0929        | 0.2235        | 0.5064        | 0.1968        | 0.7072        | 0.0935        |
| N*O                  | 4  | <b>0.0422</b>             | 0.3177        | 0.5829        | 0.8737        | 0.6361        | 0.9028        | 0.9391        | 0.1497        | 0.7590        | <b>0.0461</b> | 0.3433        |
| P*O                  | 4  | 0.3852                    | 0.2377        | 0.1973        | 0.2299        | 0.4847        | 0.3207        | <b>0.0146</b> | 0.1246        | 0.2844        | 0.4476        | 0.0809        |
| N*P*O                | 8  | 0.2258                    | 0.0870        | 0.7624        | 0.1988        | 0.3768        | 0.9594        | 0.1884        | 0.1561        | 0.9662        | <b>0.0417</b> | <b>0.0007</b> |
| V                    | 1  | <b>0.0009</b>             | <b>0.0001</b> | 0.1489        | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0307</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0058</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> |
| N*V                  | 2  | 0.2647                    | 0.0704        | 0.9451        | 0.1903        | 0.9938        | 0.9409        | 0.6304        | 0.8301        | 0.9843        | 0.6366        | 0.4600        |
| P*V                  | 2  | 0.2562                    | 0.1858        | 0.9910        | 0.9085        | 0.5755        | 0.9648        | 0.9148        | 0.9717        | 0.7849        | 0.3957        | 0.2734        |
| N*P*V                | 4  | 0.6898                    | 0.2596        | 0.9493        | 0.9704        | 0.8294        | 0.9591        | 0.4107        | 0.9184        | 0.9687        | 0.8244        | 0.3234        |
| O*V                  | 2  | 0.8155                    | 0.9302        | 0.9842        | 0.7295        | 0.9380        | 0.6802        | 0.6359        | 0.6187        | 0.8053        | 0.8294        | 0.6159        |
| N*O*V                | 4  | 0.7909                    | 0.5673        | 0.9008        | 0.7015        | 0.6495        | 0.9932        | 0.1121        | 0.3528        | 0.9565        | 0.7017        | 0.6023        |
| P*O*V                | 4  | 0.9993                    | 0.0742        | 0.9906        | 0.9147        | 0.5458        | 0.9801        | 0.5151        | <b>0.0452</b> | 0.9980        | 0.6003        | 0.8799        |
| N*P*O*V              | 8  | 0.5269                    | 0.0236        | 0.9920        | 0.1459        | <b>0.0415</b> | 0.9991        | 0.1804        | <b>0.0049</b> | 0.9957        | 0.8915        | 0.9699        |
| <b>S<sup>2</sup></b> |    | <b>21.192</b>             | <b>16.207</b> | <b>49.616</b> | <b>0.002</b>  | <b>0.002</b>  | <b>50.833</b> | <b>0.001</b>  | <b>0.001</b>  | <b>62.150</b> | <b>0.001</b>  | <b>0.001</b>  |
| <b>CV</b>            |    | <b>8.839</b>              | <b>6.834</b>  | <b>16.163</b> | <b>7.475</b>  | <b>7.214</b>  | <b>13.446</b> | <b>5.557</b>  | <b>4.523</b>  | <b>13.224</b> | <b>6.185</b>  | <b>4.620</b>  |
| <b>X</b>             |    | <b>52.081</b>             | <b>58.907</b> | <b>43.577</b> | <b>0.614</b>  | <b>0.737</b>  | <b>53.024</b> | <b>0.637</b>  | <b>0.764</b>  | <b>59.614</b> | <b>0.664</b>  | <b>0.772</b>  |

**CLOB:** Clorofila basal, **CLOS:** Clorofila superior, **LT:** Longitud de tallo, **DM:** Diámetro medio del tallo, **DB:** Diámetro basal del tallo, **LT:** Longitud de tallo; **S<sup>2</sup>:** varianza de la muestra, **CV:** coeficiente de variación, **X:** valor promedio, **GL:** grados de libertad, **Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la Ho, **V:** cultivar, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son estadísticamente significativos ( $p \leq 0.05$ ).

**Cuadro 2A.** Análisis de varianza de variables de la cosecha y poscosecha, en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares (V) de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| FUENTE               | GL | LT4           | LI            | DB4                       | DM4           | BD            | LB            | DFLO          | DVFL          |
|----------------------|----|---------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Pr > F               |    |               |               |                           |               |               |               |               |               |
| <b>N</b>             | 2  | 0.3833        | 0.8999        | <b>0.0013<sup>1</sup></b> | <b>0.0209</b> | 0.3191        | 0.0648        | 0.2668        | 0.7288        |
| <b>P</b>             | 2  | 0.6299        | 0.0855        | 0.4295                    | 0.5388        | 0.8469        | 0.1922        | 0.6185        | 0.1594        |
| <b>N*P</b>           | 4  | 0.7081        | 0.2101        | 0.2203                    | 0.2604        | 0.2091        | 0.2560        | 0.8840        | 0.5279        |
| <b>O</b>             | 2  | 0.2065        | 0.4933        | <b>0.0260</b>             | 0.8685        | 0.6891        | 0.1732        | 0.2043        | 0.9649        |
| <b>N*O</b>           | 4  | 0.7042        | 0.4453        | 0.1552                    | 0.4315        | 0.9209        | 0.3000        | 0.1960        | 0.7793        |
| <b>P*O</b>           | 4  | 0.5249        | 0.1316        | 0.3027                    | 0.2596        | 0.9966        | 0.1267        | 0.4341        | <b>0.0415</b> |
| <b>N*P*O</b>         | 8  | 0.8081        | 0.3430        | <b>0.0435</b>             | 0.8936        | 0.098         | 0.8763        | 0.5013        | 0.0678        |
| <b>V</b>             | 1  | <b>0.0001</b> | <b>0.0573</b> | <b>0.0001</b>             | <b>0.0001</b> | 0.3500        | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> |
| <b>N*V</b>           | 2  | 0.8998        | 0.9208        | 0.0978                    | 0.5364        | 0.2581        | 0.8088        | 0.7443        | 0.4578        |
| <b>P*V</b>           | 2  | 0.5268        | 0.9325        | 0.8836                    | 0.8339        | 0.6797        | 0.1803        | 0.2993        | 0.8151        |
| <b>N*P*V</b>         | 4  | 0.9198        | 0.6548        | 0.7809                    | 0.8734        | 0.3773        | 0.3617        | 0.0694        | 0.4802        |
| <b>O*V</b>           | 2  | 0.5412        | 0.3287        | 0.3530                    | 0.1930        | 0.9862        | 0.1738        | 0.9378        | 0.1361        |
| <b>N*O*V</b>         | 4  | 0.7412        | 0.9953        | 0.1177                    | 0.9395        | 0.5142        | 0.7656        | 0.9294        | 0.3684        |
| <b>P*O*V</b>         | 4  | 0.9705        | 0.6882        | 0.3648                    | 0.3765        | 0.7258        | 0.1238        | 0.8964        | 0.4969        |
| <b>N*P*O*V</b>       | 8  | 0.8532        | 0.3729        | 0.3279                    | 0.5065        | 0.6356        | 0.6239        | 0.5760        | 0.1999        |
| <b>S<sup>2</sup></b> |    | <b>43.371</b> | <b>8.830</b>  | <b>0.003</b>              | <b>0.002</b>  | <b>0.666</b>  | <b>0.255</b>  | <b>9.074</b>  | <b>4.916</b>  |
| <b>CV</b>            |    | <b>13.538</b> | <b>19.195</b> | <b>7.005</b>              | <b>6.925</b>  | <b>25.784</b> | <b>6.427</b>  | <b>4.045</b>  | <b>16.971</b> |
| <b>X</b>             |    | <b>48.645</b> | <b>15.481</b> | <b>0.840</b>              | <b>0.713</b>  | <b>3.166</b>  | <b>7.864</b>  | <b>74.462</b> | <b>13.064</b> |

LT: Longitud de tallo, LI: Longitud de inflorescencia, DB: Diámetro basal del tallo, DM: Diámetro medio del tallo, BD: Botones desarrollados, LB: Longitud de botón, DFLO: Días a floración DVFLO: Días vida en florero, S<sup>2</sup>: varianza de la muestra, CV: coeficiente de variación, X : valor promedio, GL: grados de libertad, Pr>F: probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la Ho, V: cultivar.

**Cuadro 3A.** Análisis de varianza de variables de calibre de bulbo, peso fresco y seco de bulbo, tallo, hoja e inflorescencia en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’ (V).

| FUENTE               | GL | CB            | PFB           | PSB           | PFRT                       | PFRH          | PFRI          | PST           | PSH           | PSI           |
|----------------------|----|---------------|---------------|---------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Pr > F               |    |               |               |               |                            |               |               |               |               |               |
| N                    | 2  | 0.9562        | 0.5462        | 0.4041        | 0.1084                     | 0.3931        | 0.5506        | 0.1403        | 0.4500        | 0.0977        |
| P                    | 2  | 0.9199        | 0.7768        | 0.6011        | <b>0.0441</b> <sup>1</sup> | <b>0.0146</b> | 0.6446        | 0.5404        | <b>0.0059</b> | 0.7194        |
| N*P                  | 4  | 0.2482        | 0.4426        | 0.7096        | 0.0952                     | 0.4489        | 0.1024        | 0.9888        | 0.1842        | 0.1464        |
| O                    | 2  | 0.7236        | 0.4516        | 0.2156        | 0.6571                     | 0.3261        | 0.4058        | 0.3092        | 0.0608        | 0.6086        |
| N*O                  | 4  | 0.1371        | 0.3394        | 0.7744        | 0.3047                     | <b>0.3817</b> | 0.7491        | 0.4107        | 0.3925        | 0.7205        |
| P*O                  | 4  | <b>0.0251</b> | 0.1046        | 0.1026        | 0.4765                     | <b>0.0074</b> | 0.1460        | 0.3720        | 0.0890        | 0.0531        |
| N*P*O                | 8  | <b>0.0038</b> | <b>0.0495</b> | 0.1163        | 0.2293                     | 0.1833        | 0.3574        | 0.5849        | 0.4280        | 0.1247        |
| V                    | 1  | 0.1804        | 0.2921        | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b>              | <b>0.0001</b> | <b>0.0698</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0084</b> |
| N*V                  | 2  | 0.4062        | 0.9562        | 0.5283        | 0.2642                     | 0.3243        | 0.7619        | 0.9284        | 0.2050        | 0.5611        |
| P*V                  | 2  | 0.5010        | 0.5693        | 0.9526        | 0.2822                     | 0.2972        | 0.7617        | 0.7107        | 0.2839        | 0.6549        |
| N*P*V                | 4  | 0.3977        | 0.6423        | 0.3155        | 0.6164                     | 0.7204        | 0.5564        | 0.6830        | 0.8341        | 0.1666        |
| O*V                  | 2  | 0.2614        | 0.1759        | 0.9451        | 0.2654                     | 0.6476        | 0.5235        | 0.3399        | 0.6921        | 0.6116        |
| N*O*V                | 4  | 0.4145        | 0.1422        | 0.7623        | 0.9742                     | 0.3868        | 0.5416        | 0.7151        | 0.6228        | 0.6775        |
| P*O*V                | 4  | 0.0802        | 0.0751        | 0.2667        | 0.8273                     | 0.5708        | 0.2266        | 0.3704        | 0.8938        | 0.1471        |
| N*P*O*V              | 8  | 0.1172        | 0.9684        | 0.7315        | 0.5587                     | 0.1710        | 0.4550        | 0.4489        | 0.1766        | 0.0736        |
| <b>S<sup>2</sup></b> |    | <b>0.473</b>  | <b>3.218</b>  | <b>0.128</b>  | <b>8.226</b>               | <b>28.490</b> | <b>93.772</b> | <b>0.447</b>  | <b>0.547</b>  | <b>0.498</b>  |
| <b>CV</b>            |    | <b>8.417</b>  | <b>24.359</b> | <b>26.589</b> | <b>19.959</b>              | <b>20.968</b> | <b>51.835</b> | <b>30.785</b> | <b>24.873</b> | <b>35.044</b> |
| <b>X</b>             |    | <b>8.171</b>  | <b>7.365</b>  | <b>1.345</b>  | <b>14.369</b>              | <b>25.434</b> | <b>18.681</b> | <b>2.173</b>  | <b>2.973</b>  | <b>2.014</b>  |

**CB:** Calibre de bulbo, **PFB:** Peso fresco de bulbo, **PSB:** Peso seco de bulbo, **PFRT:** Peso fresco de tallo, **PFRH:** Peso fresco de hoja, **PFRI:** Peso fresco de inflorescencia, **PST:** Peso seco de tallo, **PSH:** Peso seco de hoja, **PSI:** Peso seco de inflorescencia, **S<sup>2</sup>:** varianza de la muestra, **CV:** coeficiente de variación, **X:** valor promedio, **GL:** grados de libertad, **Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la Ho, **V:** cultivar, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son estadísticamente significativos ( $p \leq 0.05$ ).

**Cuadro 4A.** Análisis de varianza de efectos significativos simples e interacciones de variables fisiológicas y de crecimiento en un experimento factorial con tres

niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo' (V).

| VARIABLE | FACTOR SIMPLE | INTERACC. DOBLE | INTERACC. TRIPLE | INTERACC. CUADRUPLE |
|----------|---------------|-----------------|------------------|---------------------|
| DM1      | V=0.0001      |                 |                  |                     |
| DB1      | V=0.0001      |                 |                  | NxPxOxV=0.0415      |
|          | P=0.0156      |                 |                  |                     |
| LT2      | N=0.0104      | PxO=0.0416      |                  |                     |
|          | V=0.0001      |                 |                  |                     |
| DB2      | V=0.0001      |                 | PxOxV=0.0456     | NxPxOxV=0.0049      |
| CLOB     | N=0.0468      | NxO=0.0422      |                  |                     |
|          | O=0.0230      |                 |                  |                     |
|          | V=0.0009      |                 |                  |                     |
| CLOS     | O=0.0406      |                 |                  | NxPxOxV=0.0236      |
|          | V=0.0001      |                 |                  |                     |
| LT3      | V=0.0058      |                 |                  |                     |
| DM3      | V=0.0001      | NxO=0.0461      | NxPxO=0.0417     |                     |
|          | N=0.0082      |                 |                  |                     |
| DB3      | V=0.0001      |                 | NxPxO=0.0007     |                     |
| BD3      | V=0.0001      | NxP=0.0365      | NxPxO=0.0049     |                     |
| BA3      | V=0.0001      |                 |                  |                     |
| DPOS     | V=0.0001      | PxO=0.0415      |                  |                     |
| DFLO     | V=0.0001      |                 |                  |                     |
| LT4      | V=0.0001      |                 |                  |                     |
| DB4      | N=0.0013      |                 | NxPxO=0.0435     |                     |
|          | V=0.0001      |                 |                  |                     |
|          | O=0.0260      |                 |                  |                     |
| DM4      | V=0.0001      |                 |                  |                     |
|          | N=0.0209      |                 |                  |                     |
| BA4      | V=0.0001      |                 | NxPxV=0.0582     |                     |
| LB4      | V=0.0001      |                 |                  |                     |
| CB4      |               | PxO=0.0251      | NxPxO=0.0038     |                     |
| PFB4     |               |                 | NxPxO=0.0495     |                     |
| PSB4     | V=0.0001      |                 |                  |                     |
| PFRT     | V=0.0001      |                 |                  |                     |
|          | P=0.0441      |                 |                  |                     |
| PFRH     | V=0.0001      | PxO=0.0074      |                  |                     |
|          | P=0.0146      |                 |                  |                     |
| PFRT     | V=0.0001      |                 | NxOxV=0.0394     |                     |
| PST      | V=0.0001      |                 |                  |                     |

**CLOB:** Clorofila basal; **CLOS:** Clorofila superior; **DM:** Diámetro medio del tallo; **DB:** Diámetro basal del tallo; **LT:** Longitud de tallo; **BD:** Botones desarrollados; **LI:** Longitud de inflorescencia; **LB:** Longitud de botón; **DFLO:** Días a floración; **DVFO:** Días vida en florero; **CB:** Calibre de bulbo; **PFB:** Peso fresco de bulbo; **PSB:** Peso seco de bulbo; **PFRT:** Peso fresco de tallo; **PFRH:** Peso fresco de hoja; **PST:** Peso seco de tallo, **V:** cultivar.

**Cuadro 5A.** Análisis de varianza de variables fisiológicas y de crecimiento en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre cada uno de los cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| 'Menton'       |    |               |               |               |               |                           |               |               |               |               |               |               |               |
|----------------|----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| FUENTE         | GL | CLOB          | CLOS          | LT1           | DM1           | DB1                       | LT2           | DM2           | DB2           | LT3           | DM3           | DB3           | BD3           |
| Pr > F         |    |               |               |               |               |                           |               |               |               |               |               |               |               |
| N              | 2  | 0.1435        | 0.1279        | 0.8715        | 0.1825        | 0.6437                    | 0.9347        | 0.1232        | 0.2676        | 0.8281        | <b>0.0427</b> | 0.2329        | 0.4095        |
| P              | 2  | 0.1361        | 0.1800        | 0.9798        | 0.6033        | <b>0.0146<sup>1</sup></b> | 0.9435        | 0.5267        | 0.6282        | 0.9946        | 0.4802        | 0.5425        | 0.7955        |
| N*P            | 4  | 0.5849        | 0.7183        | 0.8620        | 0.9803        | 0.6770                    | 0.6767        | 0.3868        | 0.3868        | 0.6586        | 0.4722        | 0.2810        | 0.7633        |
| O              | 2  | 0.1768        | 0.3407        | 0.5067        | 0.9178        | 0.8769                    | 0.2458        | 0.6223        | 0.4898        | 0.4297        | 0.8983        | 0.4267        | 0.7955        |
| N*O            | 4  | 0.3232        | 0.3209        | 0.8770        | 0.9549        | 0.4888                    | 0.9729        | 0.6534        | 0.1998        | 0.8249        | 0.3288        | 0.7163        | 0.7633        |
| P*O            | 4  | 0.8374        | 0.5760        | 0.7069        | 0.8417        | 0.6787                    | 0.6820        | 0.4554        | 0.1945        | 0.6960        | 0.6456        | 0.1517        | 0.5312        |
| N*P*O          | 8  | 0.4546        | <b>0.0146</b> | 0.9775        | 0.5000        | 0.3538                    | 0.9827        | 0.4409        | 0.3202        | 0.9681        | 0.2891        | <b>0.0454</b> | 0.2476        |
| S <sup>2</sup> |    | <b>31.039</b> | <b>20.240</b> | <b>53.578</b> | <b>0.003</b>  | <b>0.002</b>              | <b>55.384</b> | <b>0.002</b>  | <b>0.001</b>  | <b>68.791</b> | <b>0.0015</b> | <b>0.0007</b> | <b>0.240</b>  |
| c.v.           |    | <b>10.385</b> | <b>6.911</b>  | <b>17.188</b> | <b>9.308</b>  | <b>7.112</b>              | <b>14.450</b> | <b>6.841</b>  | <b>5.166</b>  | <b>14.441</b> | <b>6.475</b>  | <b>3.957</b>  | <b>15.494</b> |
| X              |    | <b>53.643</b> | <b>65.094</b> | <b>42.585</b> | <b>0.574</b>  | <b>0.672</b>              | <b>51.501</b> | <b>0.595</b>  | <b>0.698</b>  | <b>57.433</b> | <b>0.610</b>  | <b>0.699</b>  | <b>3.166</b>  |
| 'Brunelo'      |    |               |               |               |               |                           |               |               |               |               |               |               |               |
| N              | 2  | 0.0729        | 0.4285        | 0.8470        | 0.7705        | 0.7994                    | 0.8157        | <b>0.0407</b> | 0.6346        | 0.8990        | 0.1240        | 0.6371        | 0.8547        |
| P              | 2  | 0.1665        | 0.8160        | 0.9991        | 0.7461        | 0.4270                    | 0.7527        | 0.4902        | 0.3775        | 0.5747        | 0.5328        | 0.1399        | 0.8547        |
| N*P            | 4  | 0.9696        | <b>0.0449</b> | 0.8797        | 0.5847        | 0.9807                    | 0.7796        | 0.1585        | 0.7790        | 0.7803        | 0.8355        | 0.5008        | <b>0.0225</b> |
| O              | 2  | 0.0731        | 0.0810        | 0.3208        | 0.1702        | 0.6928                    | 0.2676        | 0.1540        | 0.6669        | 0.3674        | 0.6701        | 0.1941        | 0.5394        |
| N*O            | 4  | 0.0736        | 0.7004        | 0.5876        | 0.4351        | 0.7632                    | 0.9348        | 0.1240        | 0.3154        | 0.9121        | 0.1420        | 0.3821        | 0.0945        |
| P*O            | 4  | 0.4047        | <b>0.0159</b> | 0.3584        | 0.1411        | 0.4293                    | 0.5694        | <b>0.0070</b> | <b>0.0360</b> | 0.5396        | 0.4361        | 0.4258        | 0.5422        |
| N*P*O          | 8  | 0.2033        | 0.6728        | 0.7860        | <b>0.0231</b> | 0.0884                    | 0.9921        | <b>0.0437</b> | <b>0.0045</b> | 0.9950        | 0.2646        | 0.0705        | <b>0.0243</b> |
| S <sup>2</sup> |    | <b>11.346</b> | <b>12.175</b> | <b>45.654</b> | <b>0.0013</b> | <b>0.003</b>              | <b>46.283</b> | <b>0.0008</b> | <b>0.001</b>  | <b>55.509</b> | <b>0.0018</b> | <b>0.0017</b> | <b>0.351</b>  |
| CV             |    | <b>6.667</b>  | <b>6.618</b>  | <b>15.159</b> | <b>5.631</b>  | <b>7.238</b>              | <b>12.472</b> | <b>4.290</b>  | <b>3.972</b>  | <b>12.056</b> | <b>5.931</b>  | <b>4.991</b>  | <b>12.561</b> |
| X              |    | <b>50.516</b> | <b>52.720</b> | <b>44.570</b> | <b>0.654</b>  | <b>0.803</b>              | <b>54.546</b> | <b>0.679</b>  | <b>0.829</b>  | <b>61.796</b> | <b>0.718</b>  | <b>0.845</b>  | <b>4.722</b>  |

**CLOB:** Clorofila basal, **CLOS:** clorofila superior, **LT:** Longitud de tallo, **DM:** Diámetro medio del tallo, **DB:** Diámetro basal del tallo, **LT** Longitud de tallo, **S<sup>2</sup>:** varianza de la muestra, **CV:** coeficiente de variación, **X:** valor promedio, **GL:** grados de libertad, **Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la Ho, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son estadísticamente significativos (P ≤ 0.05).

**Cuadro 6A.** Análisis de varianza de variables de la cosecha y poscosecha en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre cada uno de los cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| FUENTE         | GL | MENTON        |               |               |                           |               |               |               |               |
|----------------|----|---------------|---------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                |    | LT4           | LI4           | DB4           | DM4                       | BD4           | LB4           | DFLO          | DVFLO         |
|                |    | Pr > F        |               |               |                           |               |               |               |               |
| N              | 2  | 0.8015        | 0.7991        | 0.1729        | <b>0.0386<sup>1</sup></b> | 0.9357        | 0.5026        | 0.2043        | 0.9117        |
| P              | 2  | 0.9931        | 0.1827        | 0.5951        | 0.9016                    | 0.9357        | 0.9832        | 0.7877        | 0.3703        |
| N*P            | 4  | 0.9102        | 0.3813        | 0.2472        | 0.6801                    | 0.8968        | 0.5041        | 0.2595        | 0.9805        |
| O              | 2  | 0.4138        | 0.9520        | <b>0.0277</b> | 0.6101                    | 0.6321        | 0.9886        | 0.4345        | 0.4447        |
| N*O            | 4  | 0.6253        | 0.5377        | 0.2763        | 0.4845                    | 0.8302        | 0.9281        | 0.5167        | 0.7506        |
| P*O            | 4  | 0.8339        | 0.7534        | 0.5831        | 0.9127                    | 0.6207        | 0.9362        | 0.9616        | 0.1872        |
| N*P*O          | 8  | 0.9901        | 0.3687        | <b>0.0114</b> | 0.7780                    | 0.7955        | 0.6582        | 0.2505        | 0.3885        |
| S <sup>2</sup> |    | <b>56.197</b> | <b>7.282</b>  | <b>0.0013</b> | <b>0.002</b>              | <b>0.277</b>  | <b>0.306</b>  | <b>7.000</b>  | <b>5.388</b>  |
| CV             |    | <b>16.296</b> | <b>16.827</b> | <b>4.895</b>  | <b>7.224</b>              | <b>17.042</b> | <b>7.562</b>  | <b>3.626</b>  | <b>16.647</b> |
| X              |    | <b>46.001</b> | <b>16.037</b> | <b>0.763</b>  | <b>0.663</b>              | <b>3.092</b>  | <b>7.320</b>  | <b>72.962</b> | <b>13.944</b> |
| BRUNELO        |    |               |               |               |                           |               |               |               |               |
| N              | 2  | 0.3391        | 0.9984        | <b>0.0084</b> | 0.3017                    | 0.2211        | 0.0782        | 0.7537        | 0.3420        |
| P              | 2  | 0.2264        | 0.3884        | 0.6228        | 0.5201                    | 0.7194        | <b>0.0283</b> | 0.3033        | 0.3541        |
| N*P            | 4  | 0.6372        | 0.4010        | 0.5116        | 0.3973                    | 0.2107        | 0.1541        | 0.3195        | 0.1700        |
| O              | 2  | 0.2388        | 0.2324        | 0.1442        | 0.2924                    | 0.8849        | <b>0.0205</b> | 0.4411        | 0.2847        |
| N*O            | 4  | 0.9023        | 0.8840        | 0.1299        | 0.8669                    | 0.6865        | 0.1549        | 0.4621        | 0.3692        |
| P*O            | 4  | 0.6188        | 0.1731        | 0.3003        | 0.1103                    | 0.9491        | <b>0.0070</b> | 0.4716        | 0.1419        |
| N*P*O          | 8  | 0.3665        | 0.3788        | 0.2803        | 0.6409                    | 0.1805        | 0.8827        | 0.7931        | <b>0.0399</b> |
| S <sup>2</sup> |    | <b>30.545</b> | <b>10.379</b> | <b>0.0056</b> | <b>0.0025</b>             | <b>1.055</b>  | <b>0.204</b>  | <b>11.148</b> | <b>4.444</b>  |
| CV             |    | <b>10.775</b> | <b>21.584</b> | <b>8.180</b>  | <b>6.659</b>              | <b>31.702</b> | <b>5.379</b>  | <b>4.395</b>  | <b>17.301</b> |
| X              |    | <b>51.288</b> | <b>14.925</b> | <b>0.917</b>  | <b>0.764</b>              | <b>3.240</b>  | <b>8.409</b>  | <b>75.962</b> | <b>12.185</b> |

LT: Longitud de tallo, LI: Longitud de inflorescencia, DB: Diámetro basal del tallo, DM: Diámetro medio del tallo, BD: Botones desarrollados, LB: Longitud de botón, DFLO: Días a floración, DVFLO: Días vida en florero, S<sup>2</sup>: varianza de la muestra, CV: coeficiente de variación, X: valor promedio, Pr>F: probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la Ho, GL: Grados de libertad, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son estadísticamente significativos (P ≤ 0.05)

**Cuadro 7A.** Análisis de varianza de variables de la cosecha en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre cada uno de los cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| MENTON         |    |               |               |               |                           |               |               |               |               |               |
|----------------|----|---------------|---------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| FUENTE         | GL | CB4           | PFB4          | PSB4          | PFRT                      | PFRH          | PFRI          | PST           | PSH           | PSI           |
| Pr > F         |    |               |               |               |                           |               |               |               |               |               |
| N              | 2  | 0.6847        | 0.8590        | 0.9390        | <b>0.0188<sup>1</sup></b> | <b>0.0073</b> | 0.1298        | 0.0728        | <b>0.0007</b> | <b>0.0150</b> |
| P              | 2  | 0.6089        | 0.7355        | 0.8317        | 0.6951                    | 0.1771        | 0.1746        | 0.9347        | <b>0.0139</b> | 0.9723        |
| N*P            | 4  | 0.4725        | 0.4462        | 0.3314        | 0.1029                    | 0.6416        | 0.4668        | 0.4068        | <b>0.0107</b> | 0.3933        |
| O              | 2  | 0.6889        | 0.5526        | 0.2646        | 0.6419                    | 0.4946        | 0.8893        | 0.9129        | 0.0967        | 0.1997        |
| N*O            | 4  | 0.9076        | 0.4206        | 0.8825        | 0.3445                    | 0.3404        | 0.4276        | 0.5439        | 0.4498        | 0.8504        |
| P*O            | 4  | <b>0.0177</b> | 0.0871        | <b>0.0240</b> | 0.4686                    | <b>0.0062</b> | 0.2236        | 0.4403        | 0.0717        | <b>0.0295</b> |
| N*P*O          | 8  | 0.0557        | 0.6902        | 0.6999        | 0.1918                    | 0.1398        | 0.5137        | 0.3176        | 0.3791        | 0.3132        |
| S <sup>2</sup> |    | <b>0.448</b>  | <b>3.890</b>  | <b>0.102</b>  | <b>5.792</b>              | <b>9.155</b>  | <b>34.343</b> | <b>0.163</b>  | <b>0.134</b>  | <b>0.144</b>  |
| c.v.           |    | <b>8.290</b>  | <b>27.465</b> | <b>20.474</b> | <b>20.708</b>             | <b>20.276</b> | <b>34.558</b> | <b>23.578</b> | <b>18.691</b> | <b>20.783</b> |
| X              |    | <b>8.081</b>  | <b>7.181</b>  | <b>1.561</b>  | <b>11.622</b>             | <b>14.922</b> | <b>16.957</b> | <b>1.715</b>  | <b>1.963</b>  | <b>1.828</b>  |
| BRUNELO        |    |               |               |               |                           |               |               |               |               |               |
| N              | 2  | 0.5735        | 0.5581        | 0.2991        | 0.7234                    | 0.8922        | 0.9586        | 0.5324        | 0.9535        | 0.4081        |
| P              | 2  | 0.7510        | 0.5748        | 0.7115        | 0.0501                    | 0.0608        | 0.9794        | 0.5689        | 0.0541        | 0.6495        |
| N*P            | 4  | 0.2328        | 0.7119        | 0.6279        | 0.4438                    | 0.6361        | 0.2289        | 0.9533        | 0.6941        | 0.1491        |
| O              | 2  | 0.2952        | 0.1134        | 0.6536        | 0.3376                    | 0.4579        | 0.4046        | 0.2670        | 0.2335        | 0.7482        |
| N*O            | 4  | 0.0689        | 0.0959        | 0.6899        | 0.7974                    | 0.4054        | 0.7001        | 0.5572        | 0.5128        | 0.6745        |
| P*O            | 4  | 0.1720        | 0.1349        | 0.6744        | 0.7530                    | 0.1396        | 0.1921        | 0.3695        | 0.4089        | 0.1287        |
| N*P*O          | 8  | <b>0.0234</b> | 0.0985        | 0.1994        | 0.5407                    | 0.2161        | 0.3989        | 0.5775        | 0.2915        | 0.1012        |
| S <sup>2</sup> |    | <b>0.497</b>  | <b>2.547</b>  | <b>0.153</b>  | <b>10.659</b>             | <b>47.826</b> | <b>153.20</b> | <b>0.731</b>  | <b>0.959</b>  | <b>0.852</b>  |
| CV             |    | <b>8.535</b>  | <b>21.142</b> | <b>34.719</b> | <b>19.074</b>             | <b>19.238</b> | <b>60.657</b> | <b>32.508</b> | <b>24.587</b> | <b>41.957</b> |
| X              |    | <b>8.261</b>  | <b>7.548</b>  | <b>1.129</b>  | <b>17.116</b>             | <b>35.946</b> | <b>20.405</b> | <b>2.631</b>  | <b>3.983</b>  | <b>2.199</b>  |

CB: Calibre de bulbo, PFB: Peso fresco de bulbo, PSB: Peso seco de bulbo, PFRT: Peso fresco de tallo, PFRH: Peso fresco de hoja, PFRI: Peso fresco de inflorescencia, PST: Peso seco de tallo, PSH: Peso seco de hoja, PSI: Peso seco de inflorescencia, S<sup>2</sup>: varianza de la muestra, CV: coeficiente de variación, X: valor promedio, GL: grados de libertad, Pr>F: probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de Ho, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son estadísticamente significativos (P ≤ 0.05).

**Cuadro 8A.** Análisis de varianza de efectos significativos de los factores simples e interacciones sobre las variables fisiológicas, de crecimiento, cosecha y poscosecha en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) en cada uno de los cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| VARIABLE       | Pr> F         |                 |                  |
|----------------|---------------|-----------------|------------------|
|                | FACTOR SIMPLE | INTERACC. DOBLE | INTERACC. TRIPLE |
| <b>MENTON</b>  |               |                 |                  |
| <b>CLOS</b>    | N*P*O=0.0146  |                 |                  |
| <b>DB1</b>     | P=0.0146      |                 |                  |
| <b>DM3</b>     | N=0.0427      |                 |                  |
| <b>DB3</b>     |               |                 | N*P*O=0.0454     |
| <b>DB4</b>     | O=0.0277      |                 | N*P*O=0.0114     |
| <b>DM4</b>     | N=0.0386      |                 |                  |
| <b>CB4</b>     |               | P*O=0.0177      |                  |
| <b>PSB4</b>    |               | P*O=0.0240      |                  |
| <b>PFRT</b>    | N=0.0188      |                 |                  |
| <b>PFRH</b>    | N=0.0073      | P*O=0.0062      |                  |
| <b>PSH</b>     | N=0.0007      |                 |                  |
|                | P=0.0139      | N*P=0.0107      |                  |
| <b>PSI</b>     | N=0.0150      | P*O=0.0295      |                  |
| <b>BRUNELO</b> |               |                 |                  |
| <b>CLOS</b>    |               | N*P=0.0449      |                  |
|                |               | P*O=0.0159      |                  |
| <b>DM1</b>     |               |                 | N*P*O=0.0231     |
| <b>DM2</b>     | N=0.0407      | P*O=0.0070      | N*P*O=0.0437     |
| <b>DB2</b>     |               | P*O=0.0360      | N*P*O=0.0045     |
| <b>BD3</b>     |               | N*P=0.0225      | N*P*O=0.0243     |
| <b>DVFLO</b>   |               |                 | N*P*O=0.0399     |
| <b>LB4</b>     | P=0.0283      | P*O=0.0070      |                  |
|                | O=0.0205      |                 |                  |
| <b>CB4</b>     |               |                 | N*P*O=0.0234     |

**CLOS:** clorofila superior, **DB:** diámetro de bulbo, **DM:** diámetro medio del tallo, **CB:** Calibre de bulbo, **PSB:** Peso seco de bulbo, **PFRT:** Peso fresco de tallo, **PFRH:** Peso fresco de hoja, **PSH:** Peso seco de hoja, **PSI:** Peso seco de inflorescencia, **BD:** botones desarrollados, **DVFLO:** días vida en florero, **LB:** longitud de botón, **Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la Ho.

**Cuadro 9A.** Pruebas de Tukey de variables fisiológicas y de crecimiento en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| NIVEL DEL          |                | VARIABLES      |                |              |                |                |                |                |                |                 |                |                |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| FACTOR             | CLOB           | CLOS           | LT1            | DM1          | DB1            | LT2            | DM2            | DB2            | LT3            | DM3             | DB3            |                |
| N (%) <sup>1</sup> |                |                |                |              |                |                |                |                |                |                 |                |                |
| 0                  | 50.49 a        | 59.35 a        | 42.96 a        | 0.61 a       | 0.734 a        | 52.411 a       | <b>0.632ab</b> | 0.755 a        | 58.922 a       | 0.655 a         | 0.766 a        |                |
| 12.5               | 52.99 a        | 59.05 a        | 43.63 a        | 0.62 a       | 0.745 a        | 53.333 a       | <b>0.652 a</b> | 0.770 a        | 60.336 a       | 0.683 a         | 0.776 a        |                |
| 25                 | 52.76 a        | 58.31 a        | 44.12 a        | 0.60 a       | 0.733 a        | 53.328 a       | <b>0.627 b</b> | 0.765 a        | 59.586 a       | 0.655 a         | 0.774 a        |                |
| DSH                | <b>2.615</b>   | <b>2.286</b>   | <b>4.001</b>   | <b>0.02</b>  | <b>0.030</b>   | <b>4.050</b>   | <b>0.020</b>   | <b>0.019</b>   | <b>4.478</b>   | <b>0.023</b>    | <b>0.020</b>   |                |
| P (%) <sup>2</sup> |                |                |                |              |                |                |                |                |                |                 |                |                |
| 80                 | 50.69 a        | 58.26 a        | 43.73 a        | 0.61 a       | <b>0.758 a</b> | 52.631 a       | 0.633 a        | 0.770 a        | 59.025 a       | 0.665 a         | 0.781 a        |                |
| 120                | 52.34 a        | 59.14 a        | 43.54 a        | 0.61 a       | <b>0.731ab</b> | 53.761 a       | 0.645 a        | 0.764 a        | 60.358 a       | 0.669 a         | 0.771 a        |                |
| 160                | 53.20 a        | 59.31 a        | 43.46 a        | 0.60 a       | <b>0.722 b</b> | 52.681 a       | 0.634 a        | 0.756 a        | 59.461 a       | 0.660 a         | 0.765 a        |                |
| DSH                | <b>2.615</b>   | <b>2.286</b>   | <b>4.001</b>   | <b>0.02</b>  | <b>0.030</b>   | <b>4.050</b>   | <b>0.020</b>   | <b>0.019</b>   | <b>4.478</b>   | <b>0.023</b>    | <b>0.020</b>   |                |
| O (KPa)            |                |                |                |              |                |                |                |                |                |                 |                |                |
| -30                | <b>50.30 a</b> | <b>57.82 a</b> | 42.97 a        | 0.62 a       | 0.738 a        | 52.925 a       | 0.642 a        | 0.767 a        | 59.556 a       | 0.661 a         | 0.783 a        |                |
| -50                | <b>52.83ab</b> | <b>58.63ab</b> | 45.37 a        | 0.60 a       | 0.731 a        | 54.944 a       | 0.641 a        | 0.766 a        | 61.344 a       | 0.669 a         | 0.769 a        |                |
| -70                | <b>53.10 b</b> | <b>60.25 b</b> | 42.37 a        | 0.61 a       | 0.743 a        | 51.203 a       | 0.629 a        | 0.758 a        | 57.944 a       | 0.663 a         | 0.765 a        |                |
| DSH                | <b>2.615</b>   | <b>2.286</b>   | <b>4.001</b>   | <b>0.02</b>  | <b>0.030</b>   | <b>4.050</b>   | <b>0.020</b>   | <b>0.019</b>   | <b>4.478</b>   | <b>4.478</b>    | <b>0.020</b>   |                |
| Cultivar           |                |                |                |              |                |                |                |                |                |                 |                |                |
| Mentón             | 1              | <b>53.64 a</b> | <b>65.09 a</b> | 42.58 a      | <b>0.57 b</b>  | <b>0.672 b</b> | <b>51.50 b</b> | <b>0.595 b</b> | <b>0.698 b</b> | <b>57.433 b</b> | <b>0.610 b</b> | <b>0.699 b</b> |
| Brunelo            | 2              | <b>50.61 b</b> | <b>52.72 b</b> | 44.57 a      | <b>0.65 a</b>  | <b>0.803 a</b> | <b>54.54 a</b> | <b>0.679 a</b> | <b>0.829 a</b> | <b>61.796 a</b> | <b>0.718 a</b> | <b>0.845 a</b> |
| DSH                |                | <b>1.770</b>   | <b>1.550</b>   | <b>2.717</b> | <b>0.017</b>   | <b>0.020</b>   | <b>2.751</b>   | <b>0.013</b>   | <b>0.0133</b>  | <b>3.041</b>    | <b>0.015</b>   | <b>0.013</b>   |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración de  $H_2PO_4^-$  en la solución Steiner, **CLOB**: Clorofila basal, **CLOS**: clorofila superior, **LT**: Longitud de tallo, **DM**: Diámetro medio del tallo, **DB**: Diámetro basal del tallo, **LT**: Longitud de tallo. DSH. Diferencia significativa honesta según la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ )

**Cuadro 10A.** Pruebas de Tukey de variables de la cosecha y poscosecha, en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| NIVEL DEL FACTOR   | LT4             | LI4          | DB4             | DM4             | BD4          | LB4            | DFLO            | DVFLO           |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|
| N (%) <sup>1</sup> |                 |              |                 |                 |              |                |                 |                 |
| 0                  | 47.533 a        | 15.433 a     | <b>0.818 b</b>  | <b>0.700 b</b>  | 3.000 a      | 7.700 a        | 74.500 a        | 13.277 a        |
| 12.5               | 49.700 a        | 15.661 a     | <b>0.870 a</b>  | <b>0.732 a</b>  | 3.277 a      | 7.955 a        | 75.027 a        | 12.861 a        |
| 25                 | 48.703 a        | 15.350 a     | <b>0.832 b</b>  | <b>0.708 ab</b> | 3.222 a      | 7.938 a        | 73.861 a        | 13.055 a        |
| DSH                | <b>3.741</b>    | <b>1.688</b> | <b>1.688</b>    | <b>0.028</b>    | <b>0.463</b> | <b>0.287</b>   | <b>1.711</b>    | <b>1.259</b>    |
| P (%) <sup>2</sup> |                 |              |                 |                 |              |                |                 |                 |
| 80                 | 47.786 a        | 14.563 a     | 0.851 a         | 0.721 a         | 3.222 a      | 7.900 a        | 74.138 a        | 12.666 a        |
| 120                | 49.164 a        | 15.955 a     | 0.835 a         | 0.711 a         | 3.111 a      | 7.741 a        | 74.416 a        | 12.888 a        |
| 160                | 48.986 a        | 15.925 a     | 0.834 a         | 0.708 a         | 3.166 a      | 7.952 a        | 74.833 a        | 13.638 a        |
| DSH                | <b>3.741</b>    | <b>1.688</b> | <b>0.033</b>    | <b>0.028</b>    | <b>0.463</b> | <b>0.287</b>   | <b>1.711</b>    | <b>1.259</b>    |
| O (KPa)            |                 |              |                 |                 |              |                |                 |                 |
| -30                | 48.683 a        | 15.916 a     | <b>0.842 ab</b> | 0.716 a         | 3.250 a      | 7.908 a        | 73.861 a        | 13.055 a        |
| -50                | 50.025 a        | 15.447 a     | <b>0.858 a</b>  | 0.715 a         | 3.166 a      | 7.950 a        | 74.388 a        | 13.000 a        |
| -70                | 47.228 a        | 15.080 a     | <b>0.820 b</b>  | 0.710 a         | 3.083 a      | 7.736 a        | 75.138 a        | 13.138 a        |
| DSH                | <b>3.741</b>    | <b>1.688</b> | <b>0.033</b>    | <b>0.028</b>    | <b>0.463</b> | <b>0.287</b>   | <b>1.711</b>    | <b>1.259</b>    |
| Cultivar           |                 |              |                 |                 |              |                |                 |                 |
| Mentón 1           | <b>46.002 b</b> | 16.037 a     | <b>0.763 b</b>  | <b>0.663 b</b>  | 3.092 a      | <b>7.320 b</b> | <b>72.963 b</b> | <b>13.944 a</b> |
| Brunelo 2          | <b>51.289 a</b> | 14.925 a     | <b>0.917 a</b>  | <b>0.764 a</b>  | 3.240 a      | <b>8.409 a</b> | <b>75.963 a</b> | <b>12.185 b</b> |
| DSH                | <b>2.541</b>    | <b>1.146</b> | <b>0.022</b>    | <b>0.019</b>    | <b>0.315</b> | <b>0.195</b>   | <b>1.162</b>    | <b>0.855</b>    |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración de P en la solución Steiner, **LT**: Longitud de tallo, **LI**: Longitud de inflorescencia, **DB**: Diámetro basal del tallo, **DM**: Diámetro medio del tallo, **BD**: Botones desarrollados, **LB**: Longitud de botón, **DFLO**: Días a floración, **DVFLO**: Días vida en florero. DSH. Diferencia significativa honesta según la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ )

**Cuadro 11A.** Pruebas de Tukey de las variables de la cosecha en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre los cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| NIVEL              | VARIABLES    |              |                |                 |                 |              |                |                |                |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| FACTOR             | CB4          | PFB4         | PSB4           | PFRT            | PFRH            | PFRI         | PST            | PSH            | PSI            |
| N (%) <sup>1</sup> |              |              |                |                 |                 |              |                |                |                |
| 0                  | 8.191 a      | 7.634 a      | 1.400 a        | 13.558 a        | 24.497 a        | 17.517 a     | 2.023 a        | 2.872 a        | 1.803 a        |
| 12.5               | 8.144 a      | 7.214 a      | 1.286 a        | 14.963 a        | 26.208 a        | 20.008 a     | 2.340 a        | 3.092 a        | 2.133 a        |
| 25                 | 8.177 a      | 7.246 a      | 1.350 a        | 14.586 a        | 25.597 a        | 18.519 a     | 2.156 a        | 2.957 a        | 2.105 a        |
| DSH                | <b>0.390</b> | <b>1.019</b> | <b>0.203</b>   | <b>1.629</b>    | <b>3.032</b>    | <b>5.500</b> | <b>0.380</b>   | <b>0.420</b>   | <b>0.400</b>   |
| P (%) <sup>2</sup> |              |              |                |                 |                 |              |                |                |                |
| 80                 | 8.144 a      | 7.505 a      | 1.304 a        | 13.825 a        | <b>24.189 b</b> | 18.794 a     | 2.183 a        | <b>2.864 b</b> | 1.969 a        |
| 120                | 8.161 a      | 7.384 a      | 1.390 a        | 15.372 a        | <b>27.625 a</b> | 17.556 a     | 2.255 a        | <b>3.306 a</b> | 2.092 a        |
| 160                | 8.208 a      | 7.208 a      | 1.342 a        | 13.911 a        | <b>24.489 b</b> | 19.694 a     | 2.080 a        | <b>2.751 b</b> | 1.981 a        |
| DSH                | <b>0.390</b> | <b>1.019</b> | <b>0.203</b>   | <b>1.629</b>    | <b>3.032</b>    | <b>5.500</b> | <b>0.380</b>   | <b>0.420</b>   | <b>0.400</b>   |
| O (KPa)            |              |              |                |                 |                 |              |                |                |                |
| -30                | 8.238 a      | 7.648 a      | 1.431 a        | 14.275 a        | 25.822 a        | 19.244 a     | 2.231 a        | <b>3.004 b</b> | 2.099 a        |
| -50                | 8.166 a      | 7.331 a      | 1.312 a        | 14.716 a        | 24.350 a        | 19.867 a     | 2.270 a        | <b>2.748 b</b> | 2.009 a        |
| -70                | 8.108 a      | 7.114 a      | 1.292 a        | 14.116 a        | 26.131 a        | 16.933 a     | 2.036 a        | <b>3.168 a</b> | 1.933 a        |
| DSH                | <b>0.390</b> | <b>1.019</b> | <b>0.203</b>   | <b>1.629</b>    | <b>3.032</b>    | <b>5.500</b> | <b>0.380</b>   | <b>0.420</b>   | <b>0.400</b>   |
| Cultivar           |              |              |                |                 |                 |              |                |                |                |
| Mentón 1           | 8.081 a      | 7.181 a      | <b>1.561 a</b> | <b>11.622 b</b> | <b>14.922 b</b> | 16.957 a     | <b>1.715 b</b> | <b>1.963 b</b> | <b>1.828 b</b> |
| Brunelo 2          | 8.261 a      | 7.548 a      | <b>1.129 b</b> | <b>17.116 a</b> | <b>35.946 a</b> | 20.406 a     | <b>2.631 a</b> | <b>3.983 a</b> | <b>2.200 a</b> |
| DSH                | <b>0.265</b> | <b>0.692</b> | <b>0.138</b>   | <b>1.106</b>    | <b>1.106</b>    | <b>3.736</b> | <b>0.258</b>   | <b>0.285</b>   | <b>0.272</b>   |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración de P en la solución Steiner, **CB**: Calibre de bulbo, **PFB**: Peso fresco de bulbo, **PSB**: Peso seco de bulbo, **PFRT**: Peso fresco de tallo, **PFRH**: Peso fresco de hoja, **PFRI**: Peso fresco de inflorescencia, **PST**: Peso seco de tallo, **PSH**: Peso seco de hoja, **PSI**: Peso seco de inflorescencia. DSH. Diferencia significativa honesta según la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ )

**Cuadro 12A.** Pruebas de Tukey de variables fisiológicas y de crecimiento en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre cada uno de los cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| NIVEL DEL FACTOR   | VARIABLES     |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |  |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--|
|                    | MENTON        |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |  |
| N (%) <sup>1</sup> | CLOB          | CLOS          | LT1           | DM1           | DB1           | LT2           | DM2           | DB2           | LT3           | DM3           | DB3           |  |
| 0                  | 51.767 a      | 65.733 a      | 41.844 a      | 0.57611 a     | 0.66833 a     | 51.061 a      | 0.59500 a     | 0.68778 a     | 56.550 a      | 0.60556aB     | 0.69388 a     |  |
| 12.5               | 55.561 a      | 66.256 a      | 42.967 a      | 0.59111 a     | 0.68111 a     | 51.472 a      | 0.61056 a     | 0.70722 a     | 58.250 a      | 0.63056 a     | 0.70888 a     |  |
| 25                 | 53.611 a      | 63.294 a      | 42.944 a      | 0.55722 a     | 0.66778 a     | 51.972 a      | 0.58167 a     | 0.70167 a     | 57.500 a      | 0.59667 B     | 0.69611 a     |  |
| DSH                | <b>4.6045</b> | <b>3.7182</b> | <b>6.0496</b> | <b>0.0442</b> | <b>0.0395</b> | <b>6.1507</b> | <b>0.0337</b> | <b>0.0298</b> | <b>6.8548</b> | <b>0.0327</b> | <b>0.0229</b> |  |
| P (%) <sup>2</sup> |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |  |
| 80                 | 51.428 a      | 63.439 a      | 42.867 a      | 0.57889 a     | 0.70111 a     | 51.294 a      | 0.58944 a     | 0.70444 a     | 57.289 a      | 0.60333 a     | 0.70111 a     |  |
| 120                | 54.878 a      | 65.933 a      | 42.483 a      | 0.58111 a     | 0.66167aB     | 51.989 a      | 0.60444 a     | 0.69944 a     | 57.433 a      | 0.61944 a     | 0.70388 a     |  |
| 160                | 54.633 a      | 65.911 a      | 42.406 a      | 0.56444 a     | 0.65444 B     | 51.222 a      | 0.59333 a     | 0.69278 a     | 57.578 a      | 0.61000 a     | 0.69388 a     |  |
| DSH                | <b>4.6045</b> | <b>3.7182</b> | <b>6.0496</b> |               | <b>0.0395</b> | <b>6.1507</b> | <b>0.0337</b> | <b>0.0298</b> | <b>6.8548</b> | <b>0.0327</b> | <b>0.0229</b> |  |
| O (KPa)            |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |  |
| -30                | 51.589 a      | 64.222 a      | 42.022 a      | 0.57667 a     | 0.67389 a     | 50.556 a      | 0.59611 a     | 0.70000 a     | 56.667 a      | 0.61111 a     | 0.70666 a     |  |
| -50                | 54.789 a      | 64.700 a      | 44.222 a      | 0.57056 a     | 0.66778 a     | 53.944 a      | 0.60222 a     | 0.70556 a     | 59.517 a      | 0.61389 a     | 0.69555 a     |  |
| -70                | 54.561 a      | 66.361 a      | 41.511 a      | 0.57722 a     | 0.67556 a     | 50.006 a      | 0.58889 a     | 0.69111 a     | 56.117 a      | 0.60778 a     | 0.69666 a     |  |
| DSH                | <b>4.6045</b> | <b>3.7182</b> | <b>6.0496</b> | <b>0.0442</b> | <b>0.0395</b> | <b>6.1507</b> | <b>0.0337</b> | <b>0.0298</b> | <b>6.8548</b> | <b>0.0327</b> | <b>0.0229</b> |  |
| N (%) <sup>1</sup> |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |  |
|                    |               |               |               |               |               | BRUNELO       |               |               |               |               |               |  |
| 0                  | 49.217 a      | 52.978 a      | 44.089 a      | 0.65000 a     | 0.80056 a     | 53.761 a      | 0.67055 a     | 0.82389 a     | 61.249 a      | 0.70611 a     | 0.83944 a     |  |
| 12.5               | 50.422 a      | 51.856 a      | 44.311 a      | 0.65389 a     | 0.81056 a     | 55.194 a      | 0.64444 a     | 0.83444 a     | 62.422 a      | 0.73556 a     | 0.84444 a     |  |
| 25                 | 51.911 a      | 83.328 a      | 45.311 a      | 0.65889 a     | 0.79833 a     | 54.683 a      | 0.67333 a     | 0.82944 a     | 61.672 a      | 0.71500 a     | 0.85278 a     |  |
| DSH                | <b>2.7839</b> | <b>2.8839</b> | <b>5.5843</b> | <b>0.0304</b> | <b>0.048</b>  | <b>5.6227</b> | <b>0.0241</b> | <b>0.0272</b> | <b>6.1576</b> | <b>0.0352</b> | <b>0.0349</b> |  |
| P (%) <sup>2</sup> |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |  |
| 80                 | 49.956 a      | 53.094 a      | 44.549 a      | 0.65778 a     | 0.81667 a     | 53.967 a      | 0.67722 a     | 0.83667 a     | 60.761 a      | 0.72667 a     | 0.86222 a     |  |
| 120                | 49.811 a      | 52.350 a      | 44.600 a      | 0.65611 a     | 0.80167 a     | 55.533 a      | 0.68611 a     | 0.83000 a     | 63.283 a      | 0.71944 a     | 0.83833 a     |  |
| 160                | 51.783 a      | 52.717 a      | 44.517 a      | 0.64889 a     | 0.79111 a     | 54.139 a      | 0.67500 a     | 0.82111 a     | 61.344 a      | 0.71056 a     | 0.83611 a     |  |
| DSH                | <b>2.7839</b> | <b>2.8839</b> | <b>5.5843</b> | <b>0.0304</b> | <b>0.048</b>  | <b>5.6227</b> | <b>0.0241</b> | <b>0.0272</b> | <b>6.1576</b> | <b>0.0352</b> | <b>0.0349</b> |  |
| O (KPa)            |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |  |
| -30                | 49.022 a      | 51.433 a      | 43.933 a      | 0.66444 a     | 0.80389 a     | 55.294 a      | 0.68888 a     | 0.83500 a     | 62.444 a      | 0.71222 a     | 0.85944 a     |  |
| -50                | 50.883 a      | 52.572 a      | 46.533 a      | 0.64111 a     | 0.79444 a     | 55.944 a      | 0.68000 a     | 0.82667 a     | 63.172 a      | 0.72500 a     | 0.84389 a     |  |
| -70                | 51.644 a      | 54.156 a      | 43.244 a      | 0.65722 a     | 0.81111 a     | 52.400 a      | 0.66944 a     | 0.82611 a     | 59.772 a      | 0.71944 a     | 0.83333 a     |  |
| DSH                | <b>2.7839</b> | <b>2.8839</b> | <b>5.5843</b> | <b>0.0304</b> | <b>0.048</b>  | <b>5.6227</b> | <b>0.0241</b> | <b>0.0272</b> | <b>6.1576</b> | <b>0.0352</b> | <b>0.0349</b> |  |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración de P en la solución Steiner, **CLOB**: clorofila basal, **CLOS**, clorofila superior, **LT**: longitud de tallo, **DM**: diámetro medio del tallo, **DB**: diámetro basal del tallo. DSH. Diferencia significativa honesta según la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ )

**Cuadro 13A.** Pruebas de Tukey de variables de la cosecha y poscosecha en un experimento factorial con tres niveles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (N), tres de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo' por separado.

| FACTOR             |               | MENTON        |               |               |               |               |               |               |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N (%) <sup>1</sup> | LT4           | LI4           | DB4           | DM4           | LB4           | BD4           | DFLO          | DVFLO         |
| 0                  | 45.294 a      | 15.9722 a     | 0.75556 a     | 0.65000 a     | 7.1944 a      | 3.1111 a      | 73.2222 a     | 13.7778 a     |
| 12.5               | 46.922 a      | 16.3667 a     | 0.77722 a     | 0.68833 a     | 7.3722 a      | 3.1111 a      | 73.6111 a     | 13.9444 a     |
| 25                 | 45.789 a      | 15.7722 a     | 0.75722 a     | 0.65167 a     | 7.3944 a      | 3.0556 a      | 72.0556 a     | 14.1111 a     |
| DSH                | <b>6.1957</b> | <b>2.2303</b> | <b>0.0309</b> | <b>0.0396</b> | <b>0.4575</b> | <b>0.4356</b> | <b>2.1866</b> | <b>1.9186</b> |
| P (%) <sup>2</sup> |               |               |               |               |               |               |               |               |
| 80                 | 46.144 a      | 15.0611 a     | 0.77056 a     | 0.66667 a     | 7.3389 a      | 3.0556 a      | 73.2778 a     | 13.3889 a     |
| 120                | 45.850 a      | 16.6611 a     | 0.75833 a     | 0.66389 a     | 7.3167 a      | 3.1111 a      | 72.6667 a     | 13.9444 a     |
| 160                | 46.011 a      | 16.3889 a     | 0.76111 a     | 0.65944 a     | 7.3056 a      | 3.1111 a      | 72.9444 a     | 14.5000 a     |
| DSH                | <b>6.1957</b> | <b>2.2303</b> | <b>0.0309</b> | <b>0.0396</b> | <b>0.4575</b> | <b>0.4356</b> | <b>2.1866</b> | <b>1.9186</b> |
| O (KPa)            |               |               |               |               |               |               |               |               |
| -30                | 45.044 a      | 15.8833 a     | 0.7544 ab     | 0.65444 a     | 7.3056 a      | 3.1667 a      | 72.5000 a     | 13.4444 a     |
| -50                | 47.950 a      | 16.1611 a     | 0.78389 a     | 0.66556 a     | 7.3333 a      | 3.1111 a      | 72.7778 a     | 14.4444 a     |
| -70                | 45.011 a      | 16.0667 a     | 0.75167 b     | 0.67000 a     | 7.3222 a      | 3.0000 a      | 73.6111 a     | 13.9444 a     |
| DSH                | <b>6.1957</b> | <b>2.2303</b> | <b>0.0309</b> | <b>0.0396</b> | <b>0.4575</b> | <b>0.4356</b> | <b>2.1866</b> | <b>1.9186</b> |
|                    |               | BRUNELO       |               |               |               |               |               |               |
| N (%) <sup>1</sup> |               |               |               |               |               |               |               |               |
| 0                  | 49.772 a      | 14.894 a      | 0.88167 b     | 0.75000 a     | 2.8889 a      | 8.2056 a      | 75.778 a      | 12.7778 a     |
| 12.5               | 52.478 a      | 14.956 a      | 0.96444 a     | 0.77667 a     | 3.4444 a      | 8.5389 a      | 76.444 a      | 11.7778 a     |
| 25                 | 51.617 a      | 14.928 a      | 0.9072Ab      | 0.76611 a     | 3.3889 a      | 8.4833 a      | 75.667 a      | 12.0000 a     |
| DSH                | <b>4.5678</b> | <b>2.6627</b> | <b>0.0621</b> | <b>0.0421</b> | <b>0.8491</b> | <b>0.3739</b> | <b>2.7595</b> | <b>1.7424</b> |
| P (%) <sup>2</sup> |               |               |               |               |               |               |               |               |
| 80                 | 49.428 a      | 14.067 a      | 0.93167 a     | 0.77556 a     | 3.3889 a      | 8.4611 ab     | 75.000 a      | 11.9444 a     |
| 120                | 52.478 a      | 15.250 a      | 0.91333 a     | 0.75944 a     | 3.1111 a      | 8.1667 b      | 76.722 a      | 11.8333 a     |
| 160                | 51.961 a      | 15.461 a      | 0.90833 a     | 0.75778 a     | 3.2222 a      | 8.6000 a      | 76.167 a      | 12.7778 a     |
| DSH                | <b>4.5678</b> | <b>2.6627</b> | <b>0.0621</b> | <b>0.0421</b> | <b>0.8491</b> | <b>0.3739</b> | <b>2.7595</b> | <b>1.7424</b> |
| O (KPa)            |               |               |               |               |               |               |               |               |
| -30                | 52.322 a      | 15.950 a      | 0.93111 a     | 0.77778 a     | 3.3333 a      | 8.5111 ab     | 75.222 a      | 12.6667 a     |
| -50                | 52.100 a      | 14.733 a      | 0.93389 a     | 0.76444 a     | 3.2222 a      | 8.5667 a      | 76.000 a      | 11.5556 a     |
| -70                | 49.444 a      | 14.094 a      | 0.88833 a     | 0.75056 a     | 3.1667 a      | 8.1500 b      | 76.667 a      | 12.3333 a     |
| DSH                | <b>4.5678</b> | <b>2.6627</b> | <b>0.0621</b> | <b>0.0421</b> | <b>0.8491</b> | <b>0.3739</b> | <b>2.7595</b> | <b>1.7424</b> |

LT: Longitud de tallo, LI: Longitud de inflorescencia, DB: Diámetro basal del tallo, DM: Diámetro medio, BD: Botones desarrollados, LB: Longitud de botón, DFLO: Días a floración, DVFLO: Días vida en florero. DSH. Diferencia significativa honesta según la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Cuadro 14A.** Pruebas de Tukey de variables de la cosecha en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre cada uno de dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| NIVEL DEL FACTOR   | V A R I A B L E S |               |               |               |                |               |               |               |               |
|--------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                    | CB4               | PFB4          | PSB4          | PFRT          | MENTON<br>PFRH | PFRI          | PST           | PSH           | PSI           |
| MENTON             |                   |               |               |               |                |               |               |               |               |
| N (%) <sup>1</sup> |                   |               |               |               |                |               |               |               |               |
| 0                  | 7.9778 a          | 7.3851 a      | 1.5633 a      | 10.4167 b     | 13.361 b       | 14.839 a      | 1.5450 a      | 1.7353 b      | 1.6318 b      |
| 12.5               | 8.0944 a          | 7.0359 a      | 1.5422 a      | 12.8556 a     | 16.794 a       | 18.933 a      | 1.8678 a      | 2.2584 a      | 2.0294 a      |
| 25                 | 8.1722 a          | 7.1233 a      | 1.5800 a      | 11.5944 ab    | 14.611 ab      | 17.100 a      | 1.7329 a      | 1.8976 b      | 1.8237 ab     |
| DSH                | <b>0.5537</b>     | <b>1.6301</b> | <b>0.2643</b> | <b>1.9891</b> | <b>2.5007</b>  | <b>4.8434</b> | <b>0.3342</b> | <b>0.3034</b> | <b>0.3141</b> |
| P (%) <sup>2</sup> |                   |               |               |               |                |               |               |               |               |
| 80                 | 8.1000 a          | 7.4552 a      | 1.5361 a      | 11.5000 a     | 14.083 a       | 16.800 a      | 1.7078 a      | 1.9831 ab     | 1.8456 a      |
| 120                | 7.9611 a          | 6.9398 a      | 1.5983 a      | 12.0111 a     | 15.983 a       | 15.156 a      | 1.7429 a      | 2.1474 a      | 1.8203 a      |
| 160                | 8.1833 a          | 7.1493 a      | 1.5511 a      | 11.3556 a     | 14.700 a       | 18.917 a      | 1.6950 a      | 1.7608 b      | 1.8189 a      |
| DSH                | <b>0.5537</b>     | <b>1.6301</b> | <b>0.2643</b> | <b>1.9891</b> | <b>2.5007</b>  | <b>4.8434</b> | <b>0.3342</b> | <b>0.3034</b> | <b>0.3141</b> |
| O (KPa)            |                   |               |               |               |                |               |               |               |               |
| -30                | 8.0000 a          | 7.1004 a      | 1.6639 a      | 11.2500 a     | 15.511 a       | 17.472 a      | 1.7485 a      | 1.9971 a      | 1.9570 a      |
| -50                | 8.1889 a          | 7.5771 a      | 1.5222 a      | 11.6056 a     | 14.300 a       | 16.861 a      | 1.6989 a      | 1.9120 a      | 1.7279 a      |
| -70                | 8.0556 a          | 6.8668 a      | 1.4994 a      | 12.0111 a     | 14.956 a       | 16.539 a      | 1.6983 a      | 2.0823 a      | 1.8000 a      |
| DSH                | <b>0.5537</b>     | <b>1.6301</b> | <b>0.2643</b> | <b>1.9891</b> | <b>2.5007</b>  | <b>4.8434</b> | <b>0.3342</b> | <b>0.3034</b> | <b>0.3141</b> |
| BRUNELO            |                   |               |               |               |                |               |               |               |               |
| N (%) <sup>1</sup> |                   |               |               |               |                |               |               |               |               |
| 0                  | 8.4056 a          | 7.8839 a      | 1.2372 a      | 16.700 a      | 35.633 a       | 20.194 a      | 2.5020 a      | 4.0088 a      | 1.9742 a      |
| 12.5               | 8.1944 a          | 7.3929 a      | 1.0300 a      | 17.072 a      | 35.622 a       | 21.083 a      | 2.8131 a      | 3.9259 a      | 2.2377 a      |
| 25                 | 8.1833 a          | 7.3696 a      | 1.1211 a      | 17.578 a      | 36.583 a       | 19.939 a      | 2.5792 a      | 4.0172 a      | 2.3880 a      |
| DSH                | <b>0.5828</b>     | <b>1.319</b>  | <b>0.3241</b> | <b>2.6984</b> | <b>5.7156</b>  | <b>10.230</b> | <b>0.707</b>  | <b>0.8096</b> | <b>0.7629</b> |
| P (%) <sup>2</sup> |                   |               |               |               |                |               |               |               |               |
| 80                 | 8.1889 a          | 7.5556 a      | 1.0733 a      | 16.150 a      | 34.294 a       | 20.789 a      | 2.6588 a      | 3.7448 a      | 2.0925 a      |
| 120                | 8.3611 a          | 7.8282 a      | 1.1817 a      | 18.733 a      | 39.267 a       | 19.956 a      | 2.7689 a      | 4.4649 a      | 2.3637 a      |
| 160                | 8.2333 a          | 7.2626 a      | 1.1333 a      | 16.467 a      | 34.278 a       | 20.472 a      | 2.4666 a      | 3.7421 a      | 2.1437 a      |
| DSH                | <b>0.5828</b>     | <b>1.319</b>  | <b>0.3241</b> | <b>2.6984</b> | <b>5.7156</b>  | <b>10.230</b> | <b>0.707</b>  | <b>0.8096</b> | <b>0.7629</b> |
| O (KPa)            |                   |               |               |               |                |               |               |               |               |
| -30                | 8.4778 a          | 8.1971 a      | 1.1989 a      | 17.300 a      | 36.133 a       | 21.017 a      | 2.6777 a      | 4.0117 a      | 2.2425 a      |
| -50                | 8.1444 a          | 7.0868 a      | 1.1033 a      | 17.828 a      | 34.400 a       | 22.872 a      | 2.8423 a      | 3.6849 a      | 2.2906 a      |
| -70                | 8.1611 a          | 7.3625 a      | 1.0861 a      | 16.222 a      | 37.306 a       | 17.328 a      | 2.3742 a      | 4.2552 a      | 2.0668 a      |
| DSH                | <b>0.5828</b>     | <b>1.319</b>  | <b>0.3241</b> | <b>2.6984</b> | <b>5.7156</b>  | <b>10.230</b> | <b>0.707</b>  | <b>0.8096</b> | <b>0.7629</b> |

**CB:** Calibre de bulbo, **PFB:** Peso fresco de bulbo, **PSB:** Peso seco de bulbo, **PFRT:** Peso fresco de tallo, **PFRH:** Peso fresco de hoja, **PFRI:** Peso fresco de inflorescencia, **PST:** Peso seco de tallo, **PSH:** Peso seco de hoja, **PSI:** Peso seco de inflorescencia, **DSH.** Diferencia significativa honesta según la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Cuadro 15A.** Análisis de varianza de la concentración de nutrimentos en tallo, en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| FUENTE  | GL | Pr>F          |                            |               |               |               |               |               |               |               |               |
|---------|----|---------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|         |    | N             | P                          | K             | Ca            | Mg            | B             | Cu            | Fe            | Mn            | Zn            |
| N       | 2  | 0.5986        | <b>0.0154</b> <sup>1</sup> | <b>0.0245</b> | <b>0.0162</b> | 0.6093        | 0.2283        | 0.5807        | <b>0.0006</b> | <b>0.0064</b> | 0.3779        |
| P       | 2  | 0.5632        | 0.0663                     | <b>0.0055</b> | <b>0.0260</b> | <b>0.0198</b> | 0.7080        | <b>0.0091</b> | 0.2694        | 0.9413        | 0.3882        |
| N*P     | 4  | <b>0.0473</b> | 0.4585                     | 0.2698        | 0.1574        | 0.8157        | 0.9054        | 0.8871        | 0.2210        | 0.6253        | 0.5902        |
| O       | 2  | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b>              | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0042</b> | <b>0.0165</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0129</b> |
| N*O     | 4  | 0.1928        | 0.1525                     | <b>0.0313</b> | 0.0733        | 0.9249        | 0.0812        | 0.1973        | 0.0502        | 0.2947        | 0.7188        |
| P*O     | 4  | 0.1253        | <b>0.0115</b>              | <b>0.0040</b> | 0.7358        | 0.8911        | <b>0.0312</b> | 0.3941        | 0.1855        | 0.6354        | 0.4621        |
| N*P*O   | 8  | 0.3139        | 0.2653                     | <b>0.0033</b> | 0.4636        | 0.1694        | 0.3138        | 0.9712        | 0.0658        | 0.1717        | 0.7082        |
| V       | 1  | <b>0.0047</b> | 0.3629                     | <b>0.0001</b> | 0.1375        | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | 0.5939        | <b>0.0007</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0051</b> |
| N*V     | 2  | 0.0886        | 0.9122                     | 0.2315        | 0.1874        | 0.6093        | 0.5506        | <b>0.0036</b> | 0.5056        | 0.3446        | 0.6534        |
| P*V     | 2  | 0.9528        | 0.1366                     | 0.9780        | 0.3145        | 0.8015        | 0.2291        | 0.6571        | 0.1181        | 0.9484        | 0.3027        |
| N*P*V   | 4  | <b>0.0065</b> | 0.9702                     | 0.4031        | <b>0.0074</b> | 0.4769        | 0.6421        | 0.3062        | 0.1146        | 0.6673        | <b>0.0234</b> |
| O*V     | 2  | 0.4502        | 0.2381                     | <b>0.0039</b> | 0.5331        | 0.3575        | 0.2631        | 0.1099        | 0.7929        | 0.9275        | 0.3798        |
| N*O*V   | 4  | <b>0.0433</b> | 0.5046                     | 0.1428        | <b>0.0498</b> | 0.3875        | 0.1789        | 0.0909        | 0.6427        | 0.7418        | 0.1142        |
| P*O*V   | 4  | <b>0.0267</b> | 0.6467                     | 0.6189        | 0.5477        | 0.1163        | <b>0.0150</b> | 0.4458        | <b>0.0420</b> | 0.9278        | 0.4695        |
| N*P*O*V | 8  | <b>0.0199</b> | 0.0630                     | <b>0.0274</b> | 0.8968        | 0.2745        | 0.1615        | <b>0.0368</b> | <b>0.0071</b> | 0.9310        | 0.9498        |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la  $H_0$ , **GL:** grados de libertad, <sup>1</sup>: valores marcados en negritas son estadísticamente significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 16A.** Análisis de varianza de la concentración de nutrientes en hoja, en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| FUENTE  | GL | Pr>F<br>HOJA               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|---------|----|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|         |    | N                          | P             | K             | Ca            | Mg            | B             | Cu            | Fe            | Mn            | Zn            |
| N       | 2  | <b>0.0313</b> <sup>1</sup> | <b>0.0042</b> | <b>0.0001</b> | 0.6674        | <b>0.0001</b> | <b>0.0107</b> | <b>0.0063</b> | 0.0733        | <b>0.0001</b> | <b>0.0015</b> |
| P       | 2  | 0.4864                     | <b>0.0226</b> | 0.3822        | 0.0794        | 0.6996        | <b>0.0123</b> | 0.3395        | <b>0.0411</b> | <b>0.0254</b> | 0.9481        |
| N*P     | 4  | 0.7683                     | 0.1561        | 0.2044        | 0.3668        | 0.1256        | 0.0937        | <b>0.0252</b> | 0.3318        | 0.2516        | 0.5314        |
| O       | 2  | 0.5316                     | <b>0.0003</b> | <b>0.0001</b> | 0.4173        | 0.0826        | 0.2754        | <b>0.0001</b> | 0.6740        | 0.6923        | <b>0.0001</b> |
| N*O     | 4  | 0.3276                     | <b>0.0016</b> | 0.1225        | 0.5381        | 0.5772        | 0.5402        | <b>0.0037</b> | <b>0.0025</b> | <b>0.0016</b> | 0.3600        |
| P*O     | 4  | 0.8306                     | 0.2694        | <b>0.0013</b> | 0.6154        | 0.1790        | <b>0.0098</b> | 0.2716        | 0.1752        | 0.1631        | 0.8365        |
| N*P*O   | 8  | 0.1620                     | 0.1791        | 0.1867        | 0.9108        | 0.8139        | <b>0.0047</b> | 0.3843        | <b>0.0136</b> | <b>0.0153</b> | <b>0.0377</b> |
| V       | 1  | <b>0.0001</b>              | <b>0.0012</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | 0.0535        | <b>0.0131</b> | 0.1273        | <b>0.0003</b> | <b>0.0309</b> |
| N*V     | 2  | 0.6345                     | 0.3439        | 0.2785        | 0.0586        | 0.4659        | 0.0634        | 0.0853        | 0.9370        | 0.5376        | 0.7796        |
| P*V     | 2  | 0.4864                     | 0.3439        | 0.2478        | 0.6978        | 0.5941        | 0.4652        | <b>0.0110</b> | <b>0.0078</b> | 0.1865        | <b>0.0240</b> |
| N*P*V   | 4  | <b>0.0441</b>              | <b>0.0447</b> | 0.1011        | 0.5349        | 0.1137        | 0.1754        | 0.5609        | 0.5860        | 0.7529        | <b>0.0443</b> |
| O*V     | 2  | 0.0773                     | 0.0650        | <b>0.0002</b> | 0.7820        | 0.7505        | 0.6474        | 0.4508        | <b>0.0252</b> | 0.3903        | 0.9256        |
| N*O*V   | 4  | 0.4782                     | 0.9432        | 0.4292        | 0.8753        | 0.9407        | 0.9073        | 0.7538        | <b>0.0105</b> | 0.8839        | 0.5589        |
| P*O*V   | 4  | 0.3622                     | 0.8839        | <b>0.0333</b> | 0.9348        | 0.8646        | 0.1043        | 0.0531        | 0.1124        | 0.0973        | 0.0576        |
| N*P*O*V | 8  | 0.2710                     | 0.4309        | 0.1385        | 0.7352        | 0.4426        | 0.3259        | 0.2343        | 0.4097        | 0.2567        | 0.0842        |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la  $H_0$ , **GL:** grados de libertad, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritasson estadísticamente significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 17A.** Análisis de varianza de la concentración de nutrientes en flor, en un experimento factorial con tres niveles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (N), tres de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| FUENTE  | GL | N             | P             | K             | Pr>F<br>FLOR  |               |        |                            |               |               |               |  |
|---------|----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|--|
|         |    |               |               |               | Ca            | Mg            | B      | Cu                         | Fe            | Mn            | Zn            |  |
| N       | 2  | 0.1502        | 0.2844        | 0.7571        | 0.0550        | 0.1759        | 0.2039 | <b>0.0301</b> <sup>1</sup> | 0.1534        | 0.0930        | 0.0565        |  |
| P       | 2  | 0.7421        | 0.0591        | 0.3559        | <b>0.0014</b> | 0.0644        | 0.8249 | 0.1032                     | 0.5704        | 0.0507        | 0.6028        |  |
| N*P     | 4  | 0.1391        | 0.0768        | 0.7848        | 0.9112        | 0.6484        | 0.4545 | 0.4750                     | 0.7925        | 0.7672        | 0.4066        |  |
| O       | 2  | 0.0624        | <b>0.0045</b> | 0.1415        | <b>0.0005</b> | 0.5300        | 0.1923 | <b>0.0009</b>              | <b>0.0012</b> | 0.5391        | <b>0.0081</b> |  |
| N*O     | 4  | 0.8020        | <b>0.0074</b> | <b>0.0169</b> | <b>0.0024</b> | 0.5549        | 0.1080 | <b>0.0009</b>              | <b>0.0267</b> | <b>0.0201</b> | <b>0.0271</b> |  |
| P*O     | 4  | 0.7267        | 0.3827        | 0.3519        | 0.6483        | 0.7478        | 0.9958 | 0.1629                     | 0.4927        | 0.3283        | 0.1929        |  |
| N*P*O   | 8  | <b>0.0431</b> | <b>0.0004</b> | 0.6044        | <b>0.0023</b> | 0.1649        | 0.4542 | 0.0902                     | 0.1602        | 0.0516        | 0.1954        |  |
| V       | 1  | <b>0.0001</b> | 0.4050        | <b>0.0025</b> | 0.0554        | <b>0.0009</b> | 0.9998 | <b>0.0256</b>              | <b>0.0018</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0042</b> |  |
| N*V     | 2  | 0.0645        | 1.0000        | 0.8452        | 0.4022        | 0.6440        | 0.4409 | 0.1252                     | 0.7801        | 0.7440        | 0.1895        |  |
| P*V     | 2  | 0.3796        | 0.8336        | 0.4747        | 0.1647        | 0.2082        | 0.0722 | 0.5390                     | 0.2648        | 0.4180        | 0.6106        |  |
| N*P*V   | 4  | <b>0.0198</b> | 0.3383        | 0.8048        | 0.7336        | 0.9917        | 0.5427 | 0.7675                     | 0.9717        | 0.9890        | 0.4195        |  |
| O*V     | 2  | 0.3796        | 0.4864        | 0.3101        | 0.6186        | 0.2121        | 0.8215 | 0.1897                     | 0.6288        | 0.2687        | 0.8160        |  |
| N*O*V   | 4  | 0.4604        | 0.4557        | 0.5326        | 0.4607        | 0.7191        | 0.2590 | 0.9101                     | 0.5882        | 0.4212        | 0.4801        |  |
| P*O*V   | 4  | 0.2485        | 0.6369        | 0.0550        | 0.5614        | 0.3392        | 0.1494 | 0.4550                     | 0.7852        | 0.3509        | 0.4962        |  |
| N*P*O*V | 8  | 0.5153        | 0.6918        | 0.7531        | <b>0.0019</b> | 0.4505        | 0.8760 | 0.2259                     | 0.9275        | <b>0.0425</b> | 0.3498        |  |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la Ho, **GL:** grados de libertad, <sup>1</sup>: Valores marcados en color más negro son probabilidades estadísticamente significativos (P ≤ 0.05).

**Cuadro 18A.** Análisis de varianza de efectos significativos de factores simples e interacciones sobre la concentración de nutrimentos en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares (V) de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| VARIABLE        | FACTOR SIMPLE |        |        |        | INTERACCION                            |  |                |
|-----------------|---------------|--------|--------|--------|--|--|----------------|
|                 | P             | N      | O      | V      | DOBLE                                  | TRIPLE                                       | CUADRUPLE      |
| N <sub>TT</sub> |               |        | 0.0001 | 0.0047 | N*P=0.0473                             | N*P*V=0.0065<br>N*O*V=0.0433<br>P*O*V=0.0267 | N*P*O*V=0.0199 |
| P <sub>T</sub>  |               | 0.0154 | 0.0001 |        | P*O=0.0115                             |  |                |
| K <sub>T</sub>  | 0.0055        | 0.0245 | 0.0001 | 0.0001 | N*O=0.0313<br>P*O=0.004<br>O*V=0.0039  | N*P*O=0.0033                                 | N*P*O*V=0.0274 |
| Ca <sub>T</sub> | 0.026         | 0.0162 | 0.0001 |        |  | N*P*V=0.0074<br>N*O*V=0.0498                 |                |
| Mg <sub>T</sub> | 0.0198        |        | 0.0042 | 0.0001 |  |  |                |
| B <sub>T</sub>  |               |        | 0.0165 | 0.0001 | P*O=0.0312                             | P*O*V=0.0150                                 |                |
| Cu <sub>T</sub> | 0.0091        |        | 0.0001 |        | N*V=0.0036                             |  | N*P*O*V=0.0368 |
| Fe <sub>T</sub> |               | 0.0006 | 0.0001 | 0.0007 |  | P*O*V=0.042                                  | N*P*O*V=0.0071 |
| Mn <sub>T</sub> |               | 0.0064 | 0.0001 | 0.0001 |  |  |                |
| Zn <sub>T</sub> |               |        | 0.0129 | 0.0051 |  | N*P*V=0.0234                                 |                |
| N <sub>H</sub>  | 0.0226        | 0.0313 |        | 0.0001 |  | N*P*V=0.0441                                 |                |
| P <sub>H</sub>  |               | 0.0042 | 0.0003 | 0.0012 | N*O=0.0016                             | N*P*V=0.0447                                 |                |
| K <sub>H</sub>  |               | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | P*O=0.0013<br>O*V=0.0002               | P*O*V=0.0333                                 |                |
| Ca <sub>H</sub> |               |        |        | 0.0001 |  |  |                |
| Mg <sub>H</sub> |               | 0.0001 |        | 0.0001 |  |  |                |
| B <sub>H</sub>  | 0.0123        | 0.0107 |        |        | P*O=0.0098                             | N*P*O=0.0047                                 |                |
| Cu <sub>H</sub> |               | 0.0063 | 0.0001 | 0.0131 | N*P=0.0252<br>N*O=0.0037<br>P*V=0.011  |  |                |
| Fe <sub>H</sub> | 0.0411        |        |        |        | N*O=0.0025<br>P*V=0.0078<br>O*V=0.0252 | N*O*V=0.0105                                 |                |
| Mn <sub>H</sub> | 0.0254        | 0.0001 |        | 0.0003 | N*O=0.0016                             | N*P*O=0.0153                                 |                |
| Zn <sub>H</sub> |               | 0.0015 | 0.0001 | 0.0309 | P*V=0.024                              | N*P*O=0.0377<br>N*P*V=0.0443                 |                |
| N <sub>F</sub>  |               |        |        | 0.0001 |  | N*P*O=0.0431<br>N*P*V=0.0198                 |                |
| P <sub>F</sub>  |               |        | 0.0045 |        | N*O=0.0074                             | N*P*O=0.0004                                 |                |
| K <sub>F</sub>  |               |        |        | 0.0025 | N*O=0.0169                             |  |                |
| Ca <sub>F</sub> | 0.0014        |        | 0.0005 |        | N*O=0.0024                             | N*P*O=0.0023                                 | N*P*O*V=0.0019 |
| Mg <sub>F</sub> |               |        |        | 0.0009 |  |  |                |
| Cu <sub>F</sub> |               | 0.0301 | 0.0009 | 0.0256 | N*O=0.0009                             |  |                |
| Fe              |               |        | 0.0012 | 0.0018 | N*O=0.0267                             |  |                |
| Mn <sub>F</sub> |               |        |        | 0.0001 | N*O=0.0201                             |  |                |
| Zn <sub>F</sub> |               |        | 0.0081 | 0.0042 | N*O=0.0271                             |  |                |

TT: total en tallo; T: tallo; H: Hoja; F: flor; N, P, Ca, K y Mg en g·100 g<sup>-1</sup>, Mn, Fe, Cu, Zn y B en mg·kg<sup>-1</sup>.

**Cuadro 19A.** Análisis de varianza de la concentración de nutrimentos en tallo, hoja y flor, de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| FUENTE | GL | N             | P             | K             | Ca                         | Pr>F<br>TALLO |               |               |               |               |               |  |
|--------|----|---------------|---------------|---------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--|
|        |    |               |               |               |                            | Mg            | B             | Cu            | Fe            | Mn            | Zn            |  |
| N      | 2  | 0.0901        | 0.0725        | 0.0970        | <b>0.0005</b> <sup>1</sup> | 0.4519        | 0.4718        | <b>0.0141</b> | 0.1380        | 0.1496        | 0.3739        |  |
| P      | 2  | 0.7590        | 0.2775        | <b>0.0050</b> | <b>0.0015</b>              | 0.1677        | 0.5598        | <b>0.0147</b> | 0.6733        | 0.9725        | 0.5400        |  |
| N*P    | 4  | <b>0.0155</b> | 0.7237        | 0.1066        | <b>0.0006</b>              | 0.8930        | 0.8180        | 0.5459        | 0.6963        | 0.7633        | 0.0591        |  |
| O      | 2  | <b>0.0051</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b>              | <b>0.0429</b> | <b>0.0495</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0376</b> | <b>0.0001</b> | 0.3134        |  |
| N*O    | 4  | 0.1113        | 0.0524        | <b>0.0038</b> | <b>0.0006</b>              | 0.7038        | 0.1244        | <b>0.0204</b> | 0.4655        | 0.4393        | 0.6201        |  |
| P*O    | 4  | <b>0.0110</b> | <b>0.0360</b> | <b>0.0004</b> | 0.8531                     | 0.6106        | <b>0.0260</b> | 0.4278        | 0.3679        | 0.3845        | 0.3229        |  |
| N*P*O  | 8  | 0.1905        | 0.0551        | 0.5469        | 0.4039                     | 0.6480        | 0.8293        | 0.2319        | 0.4120        | 0.0594        | 0.9622        |  |
| HOJA   |    |               |               |               |                            |               |               |               |               |               |               |  |
| N      | 2  | <b>0.0372</b> | <b>0.0150</b> | <b>0.0006</b> | 0.2520                     | <b>0.0165</b> | <b>0.0216</b> | <b>0.0230</b> | 0.3061        | <b>0.0001</b> | <b>0.0019</b> |  |
| P      | 2  | 0.3060        | <b>0.0066</b> | 0.4518        | 0.6933                     | 0.9946        | 0.4031        | <b>0.0132</b> | <b>0.0004</b> | <b>0.0316</b> | <b>0.0471</b> |  |
| N*P    | 4  | 0.2996        | 0.2090        | 0.4875        | 0.5083                     | 0.3831        | 0.2329        | <b>0.0382</b> | 0.1260        | 0.9054        | 0.2037        |  |
| O      | 2  | 0.4072        | 0.1356        | 0.2286        | 0.6841                     | 0.3625        | 0.7075        | <b>0.0010</b> | 0.1484        | 0.2564        | <b>0.0001</b> |  |
| N*O    | 4  | 0.1180        | <b>0.0041</b> | 0.2742        | 0.7497                     | 0.8291        | 0.9614        | <b>0.0313</b> | <b>0.0002</b> | <b>0.0129</b> | 0.5775        |  |
| P*O    | 4  | 0.3851        | 0.3212        | 0.3180        | 0.7667                     | 0.7093        | 0.4588        | 0.1921        | <b>0.0411</b> | 0.9929        | 0.4450        |  |
| N*P*O  | 8  | 0.2762        | 0.0720        | 0.3272        | 0.8626                     | 0.9761        | 0.2176        | 0.4567        | 0.0703        | 0.1517        | 0.0954        |  |
| FLOR   |    |               |               |               |                            |               |               |               |               |               |               |  |
| N      | 2  | <b>0.0262</b> | 0.3906        | 0.7171        | 0.3300                     | 0.6501        | 0.1838        | 0.0628        | 0.1491        | <b>0.0345</b> | 0.1748        |  |
| P      | 2  | 0.6405        | <b>0.0445</b> | 0.0682        | <b>0.0345</b>              | 0.8301        | 0.4827        | 0.3121        | 0.6878        | 0.5461        | 0.5152        |  |
| N*P    | 4  | <b>0.0454</b> | <b>0.0133</b> | 0.3507        | 0.8606                     | 0.6487        | 0.3736        | 0.8013        | 0.8900        | 0.6366        | 0.3579        |  |
| O      | 2  | 0.0592        | 0.0846        | 0.0951        | <b>0.0044</b>              | 0.1248        | 0.3103        | 0.2654        | <b>0.0297</b> | 0.0548        | <b>0.0474</b> |  |
| N*O    | 4  | 0.6917        | <b>0.0219</b> | <b>0.0019</b> | 0.0758                     | 0.2688        | 0.3543        | 0.1107        | 0.2108        | 0.4340        | 0.3157        |  |
| P*O    | 4  | 0.6209        | 0.3803        | 0.4087        | 0.9588                     | 0.2905        | 0.6714        | 0.3012        | 0.5308        | 0.5187        | 0.4259        |  |
| N*P*O  | 8  | 0.1480        | <b>0.0428</b> | 0.7374        | 0.1098                     | 0.5257        | 0.5963        | 0.1462        | 0.3115        | 0.7185        | 0.3903        |  |

**Pr>F:** Probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la  $H_0$ , **GL:** grados de libertad, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son probabilidades estadísticamente significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 20A.** Análisis de varianza de la concentración de nutrientes en tallo, hoja y flor, de *Lilium* híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| FUENTE | GL | Pr>F          |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|--------|----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|        |    | N             | P             | K             | Ca            | Mg            | B             | Cu            | Fe            | Mn            | Zn            |
| TALLO  |    |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| N      | 2  | 0.4374        | 0.1638        | 0.0795        | 0.6908        | 1.0000        | 0.2927        | 0.1311        | <b>0.0003</b> | <b>0.0378</b> | 0.5811        |
| P      | 2  | 0.7175        | 0.0590        | 0.1531        | 0.6908        | 0.0843        | 0.3181        | 0.3347        | <b>0.0111</b> | 0.9369        | 0.2827        |
| N*P    | 4  | <b>0.0345</b> | 0.7133        | 0.4496        | 0.2905        | 0.3278        | 0.7434        | 0.5709        | <b>0.0052</b> | 0.6152        | 0.2177        |
| O      | 2  | <b>0.0071</b> | 0.0690        | <b>0.0001</b> | 0.0908        | <b>0.0421</b> | 0.0979        | <b>0.0036</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0386</b> |
| N*O    | 4  | 0.1043        | 0.7813        | 0.1813        | 0.5667        | 0.5445        | 0.1465        | 0.6577        | <b>0.0254</b> | 0.5055        | 0.2220        |
| P*O    | 4  | 0.2365        | 0.2153        | 0.2767        | 0.5667        | 0.1608        | <b>0.0347</b> | 0.4285        | <b>0.0049</b> | 0.9170        | 0.5678        |
| N*P*O  | 8  | 0.0744        | 0.2938        | <b>0.0083</b> | 0.7988        | <b>0.0404</b> | 0.0785        | 0.3642        | <b>0.0001</b> | 0.7931        | 0.7598        |
| Pr>F   |    |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| HOJA   |    |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| N      | 2  | 0.4735        | 0.0649        | <b>0.0081</b> | 0.1116        | <b>0.0001</b> | 0.0620        | <b>0.0356</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0013</b> | 0.1125        |
| P      | 2  | 0.7235        | 0.3298        | 0.2611        | <b>0.0187</b> | 0.2096        | <b>0.0082</b> | 0.4812        | <b>0.0001</b> | 0.1113        | 0.2297        |
| N*P    | 4  | 0.1691        | 0.7270        | 0.0872        | 0.3260        | <b>0.0085</b> | 0.0663        | 0.5671        | <b>0.0001</b> | 0.3307        | 0.1676        |
| O      | 2  | 0.1254        | <b>0.0022</b> | <b>0.0001</b> | 0.3575        | 0.0966        | 0.1945        | <b>0.0154</b> | <b>0.0001</b> | 0.7077        | <b>0.0013</b> |
| N*O    | 4  | 0.9104        | 0.1855        | 0.2345        | 0.5846        | 0.5881        | 0.3688        | 0.1760        | <b>0.0001</b> | 0.1002        | 0.4236        |
| P*O    | 4  | 0.7607        | 0.6381        | <b>0.0023</b> | 0.8178        | 0.0965        | <b>0.0014</b> | 0.0953        | <b>0.0001</b> | 0.0562        | 0.2126        |
| N*P*O  | 8  | 0.2051        | 0.5142        | 0.1359        | 0.7128        | 0.0561        | <b>0.0080</b> | 0.2158        | <b>0.0001</b> | 0.0692        | 0.0716        |
| Pr>F   |    |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| FLOR   |    |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| N      | 2  | 0.9492        | 0.6237        | 0.8121        | 0.1182        | 0.2553        | 0.6615        | 0.0824        | 0.5352        | 0.6640        | 0.0775        |
| P      | 2  | 0.4185        | 0.5370        | 0.5362        | <b>0.0144</b> | 0.0560        | 0.0994        | 0.1581        | 0.3037        | 0.0943        | 0.7054        |
| N*P    | 4  | 0.1081        | 0.6410        | 0.8603        | 0.8110        | 0.9286        | 0.7408        | 0.3639        | 0.8926        | 0.9757        | 0.4850        |
| O      | 2  | 0.7116        | <b>0.0388</b> | 0.2436        | <b>0.0341</b> | 0.5601        | 0.5793        | <b>0.0003</b> | <b>0.0287</b> | 0.9206        | 0.1364        |
| N*O    | 4  | 0.5370        | 0.1356        | 0.2059        | <b>0.0365</b> | 0.8747        | 0.0714        | <b>0.0091</b> | 0.1258        | 0.0635        | 0.0645        |
| P*O    | 4  | 0.2806        | 0.5770        | 0.1390        | 0.4834        | 0.6712        | 0.2758        | 0.2709        | 0.6872        | 0.2985        | 0.2581        |
| N*P*O  | 8  | 0.2573        | <b>0.0314</b> | 0.6704        | <b>0.0021</b> | 0.2267        | 0.7680        | 0.2157        | 0.5818        | <b>0.0237</b> | 0.2152        |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la  $H_0$ , **GL:** grados de libertad, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son probabilidades estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 21A.** Análisis de varianza de efectos significativos de factores simples e interacciones en la concentración de nutrimentos de *Lilium* híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (N), tres de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).

| VARIABLE        | FACTOR SIMPLE |        |        | Pr>F   | INTERACCION TRIPE |
|-----------------|---------------|--------|--------|--|-------------------|
|                 | P             | N      | O      | INTERACCION DOBLE  |                   |
| N <sub>TT</sub> |               |        | 0.0051 | N*P=0.0155<br>P*O=0.011  |                   |
| P <sub>T</sub>  |               |        | 0.0001 | P*O=0.036  |                   |
| K <sub>T</sub>  | 0.005         |        | 0.0001 | N*O=0.0038<br>P*O=0.0004   |                   |
| Ca <sub>T</sub> | 0.0015        | 0.0005 | 0.0001 | N*P=0.0006<br>N*O=0.0006   |                   |
| Mg <sub>T</sub> |               |        | 0.0429 |  |                   |
| B <sub>T</sub>  |               |        | 0.0495 | P*O=0.026  |                   |
| Cu <sub>T</sub> | 0.0147        | 0.0141 | 0.0001 | N*O=0.0204   |                   |
| Fe <sub>T</sub> |               |        | 0.0376 |  |                   |
| Mn <sub>T</sub> |               |        | 0.0001 |  |                   |
| Zn <sub>T</sub> | -----         |        |        | -----  | -----             |
| N <sub>H</sub>  |               | 0.0372 |        |  |                   |
| P <sub>H</sub>  | 0.0066        | 0.015  |        | N*O=0.0041   |                   |
| K <sub>H</sub>  |               | 0.0006 |        |  |                   |
| Ca <sub>H</sub> | -----         |        |        | -----  | -----             |
| Mg <sub>H</sub> |               | 0.0165 |        | -----  | -----             |
| B <sub>H</sub>  |               | 0.0216 |        | -----  | -----             |
| Cu <sub>H</sub> | 0.0132        | 0.023  | 0.001  | N*P=0.0382<br>N*O=0.0313<br>N*O=0.0002<br>P*O=0.0411<br>N*O=0.0129 |                   |
| Fe <sub>H</sub> | P=0.0004      |        |        |  |                   |
| Mn <sub>H</sub> | 0.0316        | 0.0001 |        |  |                   |
| Zn <sub>H</sub> | 0.0471        | 0.0019 | 0.0001 | -----  | -----             |
| N <sub>F</sub>  |               | 0.0262 |        | N*P=0.0454   |                   |
| P <sub>F</sub>  | 0.0445        |        |        | N*P=0.0133<br>N*O=0.0219<br>N*O=0.019                              | N*P*O=0.0428      |
| K <sub>F</sub>  |               |        |        |  |                   |
| Ca <sub>F</sub> | 0.0345        |        | 0.0044 |  |                   |
| Mg <sub>F</sub> | -----         |        |        | -----  | -----             |
| B <sub>F</sub>  | -----         |        |        | -----  | -----             |
| Cu <sub>F</sub> | -----         |        |        | -----  |                   |
| Fe              |               |        | 0.0297 |  |                   |
| Mn <sub>F</sub> |               | 0.0345 |        |  |                   |
| Zn <sub>F</sub> |               |        | 0.0474 |  |                   |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo, **GL:** grados de libertad, **TT:** total en tallo; **T:** tallo; **H:** Hoja; **F:** flor; N, P, Ca, K y Mg en g·100 g<sup>-1</sup>, Mn, Fe, Cu, Zn y B en mg· kg<sup>-1</sup>.

**Cuadro 22A.** Análisis de varianza de efectos significativos simples e interacciones en la concentración de nutrimentos de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo'. en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| VARIABLE        | FACTORES E INTERACCIONES DE EL CULTIVAR BRUNELO |                   |                   |
|-----------------|---|-------------------|-------------------|
|                 | FACTOR SIMPLE                                   | INTERACCION DOBLE | INTERACCION TRIPE |
| N <sub>TT</sub> | O=0.0071  | N*P=0.0345        | -----             |
| P <sub>T</sub>  | -----   | -----             | -----             |
| K <sub>T</sub>  | O=0.0001  | -----             | N*P*O=0.0083      |
| Ca <sub>T</sub> | -----   | -----             | -----             |
| Mg <sub>T</sub> | O=0.0421  | -----             | N*P*O=0.0404      |
| B <sub>T</sub>  | -----   | P*O=0.0347        | -----             |
| Cu <sub>T</sub> | O=0.0036  | -----             | -----             |
| Fe <sub>T</sub> | N=0.0003  | N*P=0.0052        | N*P*O=0.0001      |
|                 | P=0.0111  | N*O=0.0254        |                   |
|                 | O=0.0001  | P*O=0.0049        |                   |
| Mn <sub>T</sub> | N=0.0378  | -----             | -----             |
|                 | O=0.0001  |                   |                   |
| Zn <sub>T</sub> | O=0.0386  | -----             | -----             |
| N <sub>H</sub>  | -----   | -----             | -----             |
| PH              | O=0.0022  | -----             | -----             |
| KH              | N=0.0081  | P*O=0.0023        | -----             |
|                 | O=0.0001  |                   |                   |
| Ca <sub>H</sub> | P=0.0187  | -----             | -----             |
| Mg <sub>H</sub> | N=0.0001  | N*P=0.0085        | -----             |
| B <sub>H</sub>  | P=0.0082  | P*O=0.0014        | N*P*O=0.0080      |
| Cu <sub>H</sub> | N=0.0356  | -----             | -----             |
|                 | O=0.0154  |                   |                   |
| Fe <sub>H</sub> | N=0.0001  | N*P=0.0001        | N*P*O=0.0001      |
|                 | P=0.0001  | N*O=0.0001        |                   |
|                 | O=0.0001  | P*O=0.0001        |                   |
| Mn <sub>H</sub> | N=0.0013  | -----             | -----             |
| Zn <sub>H</sub> | O=0.0013  | -----             | -----             |
| N <sub>F</sub>  | -----   | -----             | -----             |
| P <sub>F</sub>  | O=0.0388  | -----             | N*P*O=0.0314      |
| K <sub>F</sub>  | -----   | -----             | -----             |
| Ca <sub>F</sub> | P=0.0144  | N*O=0.0365        | N*P*O=0.0021      |
|                 | O=0.0341  |                   |                   |
| Mg <sub>F</sub> | -----   | -----             | -----             |
| B <sub>F</sub>  | -----   | -----             | -----             |
| Cu <sub>F</sub> | O=0.0003  | N*O=0.0091        | -----             |
| Fe              | O=0.0287  |                   |                   |
| Mn <sub>F</sub> | -----   | -----             | N*P*O=0.0237      |
| Zn <sub>F</sub> | -----   | -----             | -----             |

TT: total en tallo; T: tallo; H: Hoja; F: flor; N, P, Ca, K y Mg en g·100 g<sup>-1</sup>, Mn, Fe, Cu, Zn y B en mg·kg<sup>-1</sup>.

**Cuadro 23A.** Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en tallo en un experimento factorial con tres niveles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (N), tres de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| NIVEL DEL FACTOR         | TALLO                  |           |            |             |            |          |           |            |               |           |
|--------------------------|------------------------|-----------|------------|-------------|------------|----------|-----------|------------|---------------|-----------|
|                          | NITROGENO %            | FOSFORO % | POTASIO %  | CALCIO %    | MAGNESIO % | BORO ppm | COBRE ppm | FIERRO ppm | MANGANESO ppm | ZINC ppm  |
| <b>N (%)<sup>1</sup></b> |                        |           |            |             |            |          |           |            |               |           |
| 0.0                      | 0.95833 a <sup>3</sup> | 0.51667 b | 2.41389 a  | 0.222222 a  | 0.24722 a  | 45.703 a | 4.7889 a  | 44.928 a   | 2.5639 b      | 29.919 a  |
| 12.5                     | 0.98611 a              | 0.56944 a | 2.19444 b  | 0.222222 a  | 0.26389 a  | 43.244 a | 5.2111 a  | 31.383 b   | 3.7806 a      | 33.525 a  |
| 25.0                     | 1.01389 a              | 0.51944 b | 2.27222 ab | 0.202778 b  | 0.25556 a  | 40-336 a | 4.9558 a  | 26.514 b   | 3.0417 ab     | 29.717 a  |
| DSH                      | 0.1315                 | 0.0477    | 0.1902     | 0.0181      | 0.0402     | 7.4306   | 0.9783    | 11.15      | 0.8861        | 7.3357    |
| <b>P (%)<sup>2</sup></b> |                        |           |            |             |            |          |           |            |               |           |
| 80                       | 0.99722 a              | 0.50833 a | 2.28056 ab | 0.227778 a  | 0.24444 ab | 41.947 a | 4.6889 b  | 31.989 a   | 3.0667 a      | 32.806 a  |
| 120                      | 1.00833 a              | 0.54444 a | 2.43333 a  | 0.211111 ab | 0.28333 a  | 42.853 a | 5.7306 a  | 38.653 a   | 3.1250 a      | 28.708 a  |
| 160                      | 0.95278 a              | 0.55278 a | 2.16667 b  | 0.208333 b  | 0.23889 b  | 44.483 a | 4.5361 b  | 32.183 a   | 3.1944 a      | 31.647 a  |
| DSH                      | 0.1315                 | 0.0477    | 0.1902     | 0.0181      | 0.0402     | 7.4306   | 0.9783    | 11.15      | 0.8861        | 7.3357    |
| <b>O (KPa)</b>           |                        |           |            |             |            |          |           |            |               |           |
| 30                       | 0.85000 b              | 0.56667 a | 1.87222 c  | 0.236111 a  | 0.28889 a  | 40.106 b | 3.4139 b  | 43.717 a   | 5.2222 a      | 34.514 a  |
| 50                       | 0.99722 a              | 0.47778 b | 2.24444 b  | 0.205556 b  | 0.24167 b  | 48.378 a | 5.3111 a  | 20.392 b   | 1.7556 b      | 32.917 ab |
| 70                       | 1.11111 a              | 0.56111 a | 2.76389 a  | 0.205556 b  | 0.23611 b  | 40.800 b | 6.2306 a  | 38.717 a   | 2.4083 b      | 25.731 b  |
| DSH                      | 0.1315                 | 0.0477    | 0.1902     | 0.0181      | 0.0402     | 7.4306   | 0.9783    | 11.15      | 0.8861        | 7.3357    |
| <b>CULTIVAR</b>          |                        |           |            |             |            |          |           |            |               |           |
| MENTON                   | 0.92037 b              | 0.52778 a | 1.96296 b  | 0.220370 a  | 0.31667 a  | 37.604 b | 5.0741 a  | 27.507 b   | 2.4296 b      | 27.428 b  |
| BRUNELO                  | 1.05185 a              | 0.54259 a | 2.62407 a  | 0.211111 a  | 0.19444 b  | 48.585 a | 4.8963 a  | 41.043 a   | 3.8278 a      | 34.681 a  |
| DSH                      | 0.0893                 | 0.0324    | 0.1292     | 0.123       | 0.0273     | 5.0473   | 0.6645    | 7.574      | 0.6019        | 4.9829    |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**. Diferencia significativa honesta.

**Cuadro 24A.** Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en hoja en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| NIVEL DEL FACTOR         | HOJA                  |              |              |             |               |             |              |               |                  |             |
|--------------------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------|---------------|-------------|--------------|---------------|------------------|-------------|
|                          | NITROGENO<br>%        | FOSFORO<br>% | POTASIO<br>% | CALCIO<br>% | MAGNESIO<br>% | BORO<br>ppm | COBRE<br>ppm | FIERRO<br>ppm | MANGANESO<br>ppm | ZINC<br>ppm |
| <b>N (%)<sup>1</sup></b> |                       |              |              |             |               |             |              |               |                  |             |
| 0.0                      | 3.3278 b <sup>3</sup> | 0.36111 b    | 4.9 a        | 1.26389 a   | 0.925 b       | 274.13 b    | 8.3556 b     | 164.90 a      | 38.954 b         | 81.942 b    |
| 12.5                     | 3.5417 ab             | 0.38333 ab   | 4.6583 a     | 1.31389 a   | 1.00833 b     | 295.88 ab   | 9.6722 a     | 185.15 a      | 52.350 a         | 91.703 ab   |
| 25.0                     | 3.5833 a              | 0.41389 a    | 4.3639 b     | 1.26389 a   | 1.11389 a     | 304.94 a    | 10.0139 a    | 185.92 a      | 52.861 a         | 97.367 a    |
| DSH                      | 0.243                 | 0.0367       | 0.2536       | 0.1338      | 0.0869        | 24.277      | 1.2634       | 24.543        | 4.6866           | 9.8326      |
| <b>P (%)<sup>2</sup></b> |                       |              |              |             |               |             |              |               |                  |             |
| 80                       | 3.4139 a              | 0.36111 b    | 4.5667 a     | 1.27222 a   | 1.00833 a     | 281.77 b    | 9.0083 a     | 164.3 b       | 46.506 b         | 90.464 a    |
| 120                      | 3.5194 a              | 0.4000 a     | 4.7139 a     | 1.35833 a   | 1.03333 a     | 309.60 a    | 9.2611 a     | 181.28 ab     | 51.208 a         | 90.931 a    |
| 160                      | 3.5194 a              | 0.39722 ab   | 4.6417 a     | 1.23333 a   | 1.00556 a     | 283.58 b    | 9.7722 a     | 190.42 a      | 46.461 b         | 89.617 a    |
| DSH                      | 0.243                 | 0.367        | 0.2536       | 0.1338      | 0.0869        | 24.277      | 1.2634       | 24.543        | 4.6866           | 9.8326      |
| <b>O (KPa)</b>           |                       |              |              |             |               |             |              |               |                  |             |
| - 30                     | 3.4361 a              | 0.35 b       | 4.3167 c     | 1.26389 a   | 0.98056 a     | 287.59 a    | 7.9083 b     | 174.72 a      | 47.119 a         | 103.122 a   |
| - 50                     | 3.5472 a              | 0.41389 a    | 4.9917 a     | 1.33056 a   | 1.00556 a     | 301.07 a    | 9.5528 a     | 183.63 a      | 48.725 a         | 92.339 b    |
| - 70                     | 3.4694 a              | 0.39444 a    | 4.6139 b     | 1.26944 a   | 1.06111 a     | 286.28 a    | 10.5806 a    | 177.66 a      | 48.331 a         | 75.550 c    |
| DSH                      | 0.243                 | 0.0367       | 0.2536       | 0.1338      | 0.0869        | 24.277      | 1.2634       | 24.543        | 4.6866           | 9.8326      |
| <b>CULTIVAR</b>          |                       |              |              |             |               |             |              |               |                  |             |
| MENTON                   | 3.77222 a             | 0.36481 b    | 4.15741 b    | 1.46481 a   | 1.09529 a     | 299.769 a   | 9.8963 a     | 185.107 a     | 44.991 b         | 94.030 a    |
| BRUNELO                  | 3.19630 b             | 0.40741 a    | 5.12407 a    | 1.11111 b   | 0.93889 b     | 283.530 a   | 8.7981 b     | 172.23 a      | 51.126 a         | 86.644 b    |
| DSH                      | 0.1651                | 0.0249       | 0.1722       | 0.0909      | 0.0591        | 16.491      | 0.8582       | 16.671        | 3.1834           | 6.6789      |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**. Diferencia significativa honesta.

**Cuadro 25A.** Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en flor en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| NIVEL DEL FACTOR   | NITROGENO %            | FOSFORO % | POTASIO % | CALCIO %   | FLOR MAGNESIO % | BORO ppm  | COBRE ppm | FIERRO ppm | MANGANESO ppm | ZINC ppm  |
|--------------------|------------------------|-----------|-----------|------------|-----------------|-----------|-----------|------------|---------------|-----------|
| N (%) <sup>1</sup> |                        |           |           |            |                 |           |           |            |               |           |
| 0.0                | 2.67222 a <sup>3</sup> | 0.55278 a | 3.3139 a  | 0.53889 a  | 0.45833 a       | 165.49 a  | 6.078 b   | 96.62 a    | 23.831 a      | 63.636 a  |
| 12.5               | 2.76111 a              | 0.57500 a | 3.3083 a  | 0.48889 a  | 0.48333 a       | 152.03 a  | 8.406 ab  | 103.34 a   | 27.031 a      | 56.836 a  |
| 25.0               | 2.85556 a              | 0.59167 a | 3.4167 a  | 0.46944 a  | 0.51111 a       | 170.64 a  | 8.731 a   | 117.53 a   | 25.497 a      | 58.083 a  |
| DSH                | 0.223                  | 0.0586    | 0.3932    | 0.0698     | 0.0672          | 25.598    | 2.5503    | 26.108     | 3.4615        | 7.0861    |
| P (%) <sup>2</sup> |                        |           |           |            |                 |           |           |            |               |           |
| 80                 | 2.73333 a              | 0.54722 a | 3.2333 a  | 0.49167 ab | 0.48056 a       | 159.17 a  | 7.936 a   | 102.01 a   | 25.061 ab     | 59.164 a  |
| 120                | 2.80278 a              | 0.56667 a | 3.4694 a  | 0.55833 a  | 0.51944 a       | 163.29 a  | 8.778 a   | 103.01 a   | 27.419 a      | 61.150 a  |
| 160                | 2.75278 a              | 0.60556 a | 3.3361 a  | 0.44722 b  | 0.45278 a       | 165.70 a  | 6.5 a     | 112.46 a   | 23.878 b      | 58.242 a  |
| DSH                | 0.223                  | 0.0586    | 0.3932    | 0.0698     | 0.0672          | 25.598    | 2.5503    | 26.108     | 3.4615        | 7.0861    |
| O (KPa)            |                        |           |           |            |                 |           |           |            |               |           |
| - 30               | 2.63611 a              | 0.525 b   | 3.3833 a  | 0.43333 b  | 0.48889 a       | 167.48 a  | 8.569 a   | 98.39 b    | 26.078 a      | 54.183 b  |
| - 50               | 2.84722 a              | 0.60278 a | 3.1667 a  | 0.51111 a  | 0.46667 a       | 151.46 a  | 5.322 b   | 89.39 b    | 24.547 a      | 60.992 ab |
| - 70               | 2.80556 a              | 0.59167 a | 3.4889 a  | 0.55278 a  | 0.49722 a       | 169.23 a  | 9.322 a   | 129.7 a    | 25.733 a      | 63.381 a  |
| DSH                | 0.223                  | 0.0586    | 0.3932    | 0.0698     | 0.0672          | 25.598    | 2.5503    | 26.108     | 3.4615        | 7.0861    |
| CULTIVAR           |                        |           |           |            |                 |           |           |            |               |           |
| MENTON             | 2.99630 a              | 0.58148 a | 3.1352 b  | 0.475993 a | 0.44444 b       | 162.722 a | 6.7463 b  | 91.343 b   | 21.613 b      | 63.107 a  |
| BRUNELO            | 2.52963 b              | 0.56481 a | 3.5574 a  | 0.52222 a  | 0.52407 a       | 162.72 a  | 8.7296 a  | 120.311 a  | 29.293 a      | 55.930 b  |
| DSH                | 0.1515                 | 0.0398    | 0.2671    | 0.0474     | 0.0456          | 17.388    | 1.7323    | 17.734     | 2.3513        | 4.8133    |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**. Diferencia significativa honesta

**Cuadro 26A.** Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en tallo de *Lilium* híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR         | NITROGENO %        | FOSFORO % | POTASIO % | CALCIO %   | TALLO MAGNESIO % | BORO ppm | COBRE ppm | FIERRO ppm | MANGANESO ppm | ZINC ppm |
|--------------------------|--------------------|-----------|-----------|------------|------------------|----------|-----------|------------|---------------|----------|
| <b>N (%)<sup>1</sup></b> |                    |           |           |            |                  |          |           |            |               |          |
| 0.0                      | 0.9 a <sup>3</sup> | 0.50556 a | 2.01111 a | 0.233333 a | 0.3 a            | 38.583 a | 4.1222 b  | 35.628 a   | 2.0611 a      | 24.878 a |
| 12.5                     | 0.85556 a          | 0.56111 a | 1.87222 a | 0.227778 a | 0.333333 a       | 39.506 a | 5.3833 ab | 27.489 a   | 2.7722 a      | 29.906 a |
| 25.0                     | 1.00556 a          | 0.51667 a | 2.00556 a | 0.2 b      | 0.31667 a        | 34.722 a | 5.7167 a  | 19.406 a   | 2.4558 a      | 27.494 a |
| DSH                      | 0.1664             | 0.0606    | 0.1728    | 0.0195     | 0.0646           | 10.124   | 1.3179    | 19.472     | 0.8747        | 8.7279   |
| <b>P (%)<sup>2</sup></b> |                    |           |           |            |                  |          |           |            |               |          |
| 80                       | 0.92222 a          | 0.51111 a | 1.95 ab   | 0.238889 a | 0.31111 a        | 36.194 a | 4.6944 b  | 23.828 a   | 2.3889 a      | 26.456 a |
| 120                      | 0.94444 a          | 0.55 a    | 2.09444 a | 0.211111 b | 0.34444 a        | 40.167 a | 6.0333 a  | 27.856 a   | 2.4722 a      | 26.122 a |
| 160                      | 0.89444 a          | 0.52222 a | 1.84444 b | 0.211111 b | 0.29444 a        | 36.450 a | 4.4944 b  | 30.839 a   | 2.4278 a      | 29.7 a   |
| DSH                      | 0.1664             | 0.0606    | 0.1728    | 0.0195     | 0.0646           | 10.124   | 1.3179    | 19.472     | 0.8747        | 8.7279   |
| <b>O (KPa)</b>           |                    |           |           |            |                  |          |           |            |               |          |
| - 30                     | 0.78333 b          | 0.57778 a | 1.68889 c | 0.244444 a | 0.35556 a        | 37.011ab | 3.25 c    | 35.761 a   | 4.6056 a      | 28.783 a |
| - 50                     | 0.96667 a          | 0.45556 b | 1.89444 b | 0.211111 b | 0.28889 b        | 43.172 a | 5.15 b    | 15.417 b   | 1.0167 b      | 29.222 a |
| - 70                     | 1.01111 a          | 0.55 a    | 2.30556 a | 0.205556 b | 0.30556 ab       | 32.628 b | 6.8222 a  | 31.344 ab  | 1.6667 b      | 24.272 a |
| DSH                      | 0.1664             | 0.0606    | 0.1728    | 0.0195     | 0.0646           | 10.124   | 1.3179    | 19.472     | 0.8747        | 8.7279   |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**. Diferencia significativa honesta

**Cuadro 27A.** Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en hoja de *Lilium* híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR   | NITROGENO %           | FOSFORO %  | POTASIO % | CALCIO %  | HOJA       |           |           |            |               |           |
|--------------------|-----------------------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|---------------|-----------|
|                    |                       |            |           |           | MAGNESIO % | BORO ppm  | COBRE ppm | FIERRO ppm | MANGANESO ppm | ZINC ppm  |
| N (%) <sup>1</sup> |                       |            |           |           |            |           |           |            |               |           |
| 0.0                | 3.5611 a <sup>3</sup> | 0.35 b     | 4.3556 a  | 1.45556 a | 0.98889 b  | 273.03 b  | 8.9611 b  | 173.46 a   | 34.644 b      | 84.787 b  |
| 12.5               | 3.8667 a              | 0.35 b     | 4.2722 a  | 1.55 a    | 1.11111 ab | 317.75 a  | 9.6 ab    | 190.43 a   | 49.8 a        | 97.061 a  |
| 25.0               | 3.8889 a              | 0.39444a   | 3.8444 b  | 1.38889 a | 1.17778 a  | 308.53 ab | 11.1278 a | 191.44 a   | 50.528 a      | 100.261 a |
| DSH                | 0.3327                | 0.0406     | 0.3078    | 0.2356    | 0.1534     | 39.315    | 1.8714    | 31.851     | 5.1931        | 10.167    |
| P (%) <sup>2</sup> |                       |            |           |           |            |           |           |            |               |           |
| 80                 | 3.6667 a              | 0.33333 b  | 4.0889 a  | 1.45000 a | 1.09444 a  | 296.53 a  | 8.9778 b  | 151.88 b   | 41.878 b      | 88.406 b  |
| 120                | 3.8778 a              | 0.37222 ab | 4.1389 a  | 1.51111 a | 1.08889 a  | 311.89 a  | 9.4500 ab | 194.14 a   | 47.717 a      | 94.583 ab |
| 160                | 3.7722 a              | 0.38889 a  | 4.2444 a  | 1.43333 a | 1.09444 a  | 290.88 a  | 11.2611 a | 209.30 a   | 45.378 ab     | 99,100 a  |
| DSH                | 0.3327                | 0.406      | 0.3078    | 0-2356    | 0.1534     | 39.315    | 1.8714    | 31.851     | 5.1931        | 10.167    |
| O (KPa)            |                       |            |           |           |            |           |           |            |               |           |
| O:- 30             | 3.7167 a              | 0-35000 a  | 4-0833 a  | 1.42222 a | 1.06667 a  | 301.07 a  | 8.3111 b  | 196.33 a   | 43.278 a      | 106.417 a |
| O:- 50             | 3.7222 a              | 0.38333 a  | 4.2833 a  | 1.50556 a | 1.06667 a  | 305.66 a  | 9.8667 ab | 188.14 a   | 44.878 a      | 95.506 b  |
| O.- 70             | 3.8778 a              | 0.36111 a  | 4.1056 a  | 1.46667 a | 1.14444 a  | 292.58 a  | 11.5111 a | 170.86 a   | 46.817 a      | 80,167 c  |
| DSH                | 0.3327                | 0.00406    | 0.3078    | 0.2356    | 0-1534     | 39.315    | 1.8714    | 31.851     | 5.1931        | 10.167    |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**. Diferencia significativa honesta

**Cuadro 28A.** Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en flor de *Lilium* híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR         | NITROGENO %           | FOSFORO %  | POTASIO % | CALCIO %   | FLOR       |          |           |            |               |           |
|--------------------------|-----------------------|------------|-----------|------------|------------|----------|-----------|------------|---------------|-----------|
|                          |                       |            |           |            | MAGNESIO % | BORO ppm | COBRE ppm | FIERRO ppm | MANGANESO ppm | ZINC ppm  |
| <b>N (%)<sup>1</sup></b> |                       |            |           |            |            |          |           |            |               |           |
| 0.0                      | 2.7944 b <sup>3</sup> | 0.56111 a  | 3.1556 a  | 0.49444 a  | 0.43333 a  | 162.04 a | 4.811 a   | 78.27 a    | 19.356 b      | 65.822 a  |
| 12.5                     | 2.9944 ab             | 0.58333 a  | 3.0833 a  | 0.48333 a  | 0.43889 a  | 147.59 a | 6.478 a   | 22.64 a    | 23.572 a      | 58.689 a  |
| 25.0                     | 3.2 a                 | 0.60000 a  | 3.1667 a  | 0.45000 a  | 0.46111 a  | 178.53 a | 8.950 a   | 103.12 a   | 21.911 ab     | 64.811 a  |
| DSH                      | 0.3477                | 0.0693     | 0.2734    | 0.0754     | 0.0779     | 40.407   | 4.1666    | 30.603     | 3.8093        | 9.9195    |
| <b>P (%)<sup>2</sup></b> |                       |            |           |            |            |          |           |            |               |           |
| 80                       | 2.9278 a              | 0.55000 b  | 2.9833 a  | 0.49444 ab | 0.43889 a  | 167.07 a | 6.272 a   | 97.23 a    | 21.333 a      | 64.272 a  |
| 120                      | 3.0 a                 | 0.57222 ab | 3.1833 a  | 0.50556 a  | 0.45556 a  | 169.78 a | 8.228 a   | 86.70 a    | 22.572 a      | 64.628 a  |
| 160                      | 3.0611 a              | 0.62222 a  | 3.2389 a  | 0.42778 b  | 0.43889 a  | 151.32 a | 5.739 a   | 90.09 a    | 20.933 a      | 60.422 a  |
| DSH                      | 0.3477                | 0.0693     | 0.2734    | 0.0754     | 0.0779     | 40.407   | 4.1666    | 30.603     | 3.8093        | 9.9195    |
| <b>O (KPa)</b>           |                       |            |           |            |            |          |           |            |               |           |
| O:- 30                   | 2.7944 a              | 0.54444 a  | 3.2611 a  | 0.42222 b  | 0.47778 a  | 170.71 a | 7.828 a   | 89.04 ab   | 22.778 a      | 57.583 b  |
| O:- 50                   | 3.1167 a              | 0.59444 a  | 3.0111 a  | 0.47222 ab | 0.41111 a  | 148.03 a | 5.161 a   | 75.12 b    | 19.356 a      | 63.750 ab |
| O:- 70                   | 3.0778 a              | 0.60556 a  | 3.1333 a  | 0.53333 a  | 0.44444 a  | 169.43 a | 7.250 a   | 109.87 a   | 22.706 a      | 67.989 a  |
| DSH                      | 0.3477                | 0.0693     | 0.2734    | 0.0754     | 0.0779     | 40.407   | 4.1666    | 30.603     | 3.8093        | 9.9195    |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**. Diferencia significativa honesta

**Cuadro 29A.** Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en tallo de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR   | TALLO                  |            |           |           |            |          |           |            |               |           |
|--------------------|------------------------|------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|------------|---------------|-----------|
|                    | NITROGENO %            | FOSFORO %  | POTASIO % | CALCIO %  | MAGNESIO % | BORO ppm | COBRE ppm | FIERRO ppm | MANGANESO ppm | ZINC ppm  |
| N (%) <sup>1</sup> |                        |            |           |           |            |          |           |            |               |           |
| 0.0                | 1.01667 a <sup>3</sup> | 0.52778 a  | 2.8167 a  | 0.21111 a | 0.19444 a  | 52.822 a | 5.4556 a  | 54.228 a   | 3.0667 b      | 34.961 a  |
| 12.5               | 1.11667 a              | 0.57778 a  | 2.5167 a  | 0.21667 a | 0.19444 a  | 46.983 a | 5.0389 a  | 35.278 b   | 4.7889 a      | 37.144 a  |
| 25.0               | 1.02222 a              | 0.52222 a  | 2.5389 a  | 0.20556 a | 0.19444 a  | 45.950 a | 4.1944 a  | 33.622 b   | 3.6278 ab     | 31.939 a  |
| DSH                | 0.2134                 | 0.0771     | 0.3512    | 0.0318    | 0.0515     | 11.457 a | 1.5214    | 12.133     | 1.5999        | 12.315    |
| P (%) <sup>2</sup> |                        |            |           |           |            |          |           |            |               |           |
| 80                 | 1.07222 a              | 0.50556 b  | 2.6111 a  | 0.21667 a | 0.17778 a  | 47.700 a | 4.6833 a  | 40.150 ab  | 3.7444 a      | 39.156 a  |
| 120                | 1.07222 a              | 0.53889 ab | 2.7722 a  | 0.21111 a | 0.22222 a  | 45.539 a | 5.4278 a  | 49.450 a   | 3.7778 a      | 31.294 a  |
| 160                | 1.01111 a              | 0.58333 a  | 2.4889 a  | 0.20556 a | 0.18333 a  | 52.517 a | 4.5778 a  | 33.528 b   | 3.9611 a      | 33.594 a  |
| DSH                | 0.2134                 | 0.0771     | 0.3512    | 0.0318    | 0.0515     | 11.457 a | 1.5214    | 12.133     | 1.5999        | 12.315    |
| O (KPa)            |                        |            |           |           |            |          |           |            |               |           |
| O:- 30             | 0.91667 b              | 0.55556 a  | 2.0556 c  | 0.22778 a | 0.22222 a  | 43.200 a | 3.5778 b  | 51.672 a   | 5.8389 a      | 40.244 a  |
| O:- 50             | 1.02778 ab             | 0.50000 a  | 2.5944 b  | 0.20000 a | 0.19444 ab | 53.583 a | 5.4722 a  | 25.367 b   | 2.4944 b      | 36.611 ab |
| O:- 70             | 1.21111 a              | 0.57222 a  | 3.2222 a  | 0.20556 a | 0.16667 b  | 48.972 a | 5.6389 a  | 46.089 a   | 3.1500 b      | 27.189 b  |
| DSH                | 0.2134                 | 0.0771     | 0.3512    | 0.0318    | 0.0515     | 11.457   | 1.5214    | 12.133     | 1.5999        | 12.315    |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**. Diferencia significativa honesta

**Cuadro 30A.** Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en hoja de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR         | HOJA                  |           |           |           |           |          |           |          |           |          |
|--------------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|                          | NITROGENO             | FOSFORO   | POTASIO   | CALCIO    | MAGNESIO  | BORO     | COBRE     | FIERRO   | MANGANESO | ZINC     |
|                          | %                     | %         | %         | %         | %         | ppm      | ppm       | ppm      | ppm       | ppm      |
| <b>N (%)<sup>1</sup></b> |                       |           |           |           |           |          |           |          |           |          |
| 0.0                      | 3.0944 a <sup>3</sup> | 0.37222 a | 5.4444 a  | 1.07222 a | 0.86111 b | 275.23 a | 7.7500 b  | 156.34 b | 43.283 b  | 79.117 a |
| 12.5                     | 3.2167 a              | 0.41667 a | 5.0444 ab | 1.07778 a | 0.90556 b | 274.01 a | 9.7444 a  | 302.62 a | 54.900 a  | 86.344 a |
| 25.0                     | 3.2778 a              | 0.43333 a | 4.8833 b  | 1.18333 a | 1.05000 a | 301.35 a | 8.9000 ab | 180.39 b | 55.194 a  | 94.472 a |
| DSH                      | 0.2734                | 0.0636    | 0.4213    | 0.1423    | 0.0921    | 30.817   | 1.8045    | 39.343   | 8.1255    | 17.491   |
| <b>P (%)<sup>2</sup></b> |                       |           |           |           |           |          |           |          |           |          |
| 80                       | 3.1611 a              | 0.38889 a | 5.0444 a  | 0.0944 ab | 0.92222 a | 267.01 b | 9.0389 a  | 176.72 b | 51.133 a  | 92.522 a |
| 120                      | 3.1611 a              | 0.42778 a | 5.2889 a  | 1.20556 a | 0.97778 a | 307.31 a | 9.0722 a  | 291.09 a | 54.700 a  | 87.278 a |
| 160                      | 3.2667 a              | 0.40556 a | 5.0389 a  | 1.03333 b | 0.91667 a | 276.28 b | 8.2833 a  | 171.54 b | 47.544 a  | 80.133 a |
| DSH                      | 0.3734                | 0.0636    | 0.4213    | 0.1423    | 0.0921    | 30.817   | 1.8045    | 39.343   | 8.1255    | 17.491   |
| <b>O (KPa)</b>           |                       |           |           |           |           |          |           |          |           |          |
| - 30                     | 3.1556 a              | 0.35000 b | 4.5500 c  | 1.10556 a | 0.89444 a | 274.12 a | 7.5056 b  | 275.78 a | 50.961 a  | 99.828 a |
| - 50                     | 3.3722 a              | 0.44444 a | 5.7000 a  | 1.15556 a | 0.94444 a | 296.48 a | 9.2389 ab | 179.12 b | 52.572 a  | 89.172 a |
| - 70                     | 3.0611 a              | 0.42778 a | 5.1222 b  | 1.07222 a | 0.97778 a | 279.99 a | 9.6500 a  | 184.46 b | 49.844 a  | 70.933 b |
| DSH                      | 0.3734                | 0.0636    | 0.4213    | 0.1423    | 0.0921    | 30.817   | 1.8045    | 39.343   | 8.1255    | 17.491   |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**. Diferencia significativa honesta

**Cuadro 31A.** Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en flor de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR   | FLOR                  |           |           |            |            |          |           |            |               |          |
|--------------------|-----------------------|-----------|-----------|------------|------------|----------|-----------|------------|---------------|----------|
|                    | NITROGENO %           | FOSFORO % | POTASIO % | CALCIO %   | MAGNESIO % | BORO ppm | COBRE ppm | FIERRO ppm | MANGANESO ppm | ZINC ppm |
| N (%) <sup>1</sup> |                       |           |           |            |            |          |           |            |               |          |
| 0.0                | 2.5500 a <sup>3</sup> | 0.54444 a | 3.4722 a  | 0.58333 a  | 0.48333 a  | 168.94 a | 7.344 a   | 114.97 a   | 28.306 a      | 61.450 a |
| 12.5               | 2.5278 a              | 0.56667 a | 3.5333 a  | 0.49444 a  | 0.52778 a  | 156.46 a | 10.333 a  | 114.04 a   | 30.489 a      | 54.983 a |
| 25.0               | 2.5111 a              | 0.58333 a | 3.6667 a  | 0.48889 a  | 0.56111 a  | 162.76 a | 8.511 a   | 131.93 a   | 29.083 a      | 51.356 a |
| DSH                | 0.2993                | 0.0987    | 0.7614    | 0.1222     | 0.1141     | 33.787   | 3.1901    | 44.151     | 6.0181        | 10.686   |
| P (%) <sup>2</sup> |                       |           |           |            |            |          |           |            |               |          |
| 80                 | 2.5389 a              | 0.54444 a | 3.4833 a  | 0.48889 b  | 0.52222 ab | 151.27 a | 9.600 a   | 106.78 a   | 28.789 a      | 54.056 a |
| 120                | 2.6056 a              | 0.56111 a | 3.7556 a  | 0.61111 a  | 0.58333 a  | 156.81 a | 9.328 a   | 119.32 a   | 32.267 a      | 57.672 a |
| 160                | 2.4444 a              | 0.58889 a | 3.4333 a  | 0.46667 b  | 0.46667 b  | 180.08 a | 7.261 a   | 134.83 a   | 26.822 a      | 56.061 a |
| DSH                | 0.2993                | 0.0987    | 0.7614    | 0.1222     | 0.1141     | 33.787   | 3.1901    | 44.151     | 6.0181        | 10.686   |
| O (KPa)            |                       |           |           |            |            |          |           |            |               |          |
| - 30               | 2.4778 a              | 0.50556 b | 3.5056 a  | 0.44444 b  | 0.50000 a  | 164.24 a | 9.311 a   | 107.74 ab  | 29.378 a      | 50.783 a |
| - 50               | 2.5778 a              | 0.61111 a | 3.3222 a  | 0.55000 ab | 0.52222 a  | 154.89 a | 5.483 b   | 103.67 b   | 29.739 a      | 58.233 a |
| - 70               | 2.5333 a              | 0.57778ab | 3.8444 a  | 0.57222 a  | 0.55000 a  | 169.03 a | 11.394 a  | 149.52 a   | 28.761 a      | 58.772 a |
| DSH                | 0.2993                | 0.0987    | 0.7614    | 0.1222     | 0.1141     | 33.787   | 3.1901    | 44.151     | 6.0181        | 10.686   |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**. Diferencia significativa honesta

**Cuadro 32A.** Análisis de varianza de la extracción de nutrimentos en tallo, en un experimento factorial con tres niveles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (N), tres de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares (V) de *Lilium* híbrido Asiático, ‘Mentón’ y ‘Brunelo’.

| FUENTE  | GL | NITROGENO     | FOSFORO                    | POTASIO       | CALCIO        | Pr>F<br>TALLO |               |               |               |               |               |
|---------|----|---------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|         |    |               |                            |               |               | MAGNESIO      | BORO          | COBRE         | FIERRO        | MANGANESO     | ZINC          |
| N       | 2  | 0.1490        | <b>0.0082</b> <sup>1</sup> | 0.9273        | <b>0.0499</b> | <b>0.0503</b> | 0.4763        | 0.1767        | <b>0.0034</b> | <b>0.0025</b> | 0.2237        |
| P       | 2  | 0.2794        | 0.2836                     | <b>0.0009</b> | 0.1883        | <b>0.0319</b> | 0.7895        | <b>0.0105</b> | <b>0.0376</b> | 0.6166        | 0.4892        |
| N*P     | 4  | 0.6169        | 0.9958                     | 0.2405        | 0.9459        | 0.9199        | 0.6980        | 0.8548        | 0.1732        | 0.7561        | 0.7214        |
| O       | 2  | 0.0755        | 0.1999                     | <b>0.0001</b> | <b>0.0008</b> | <b>0.0021</b> | <b>0.0091</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | 0.0781        |
| N*O     | 4  | 0.1195        | 0.4313                     | 0.1743        | 0.5293        | 0.2020        | <b>0.0121</b> | 0.5364        | <b>0.0233</b> | 0.7744        | 0.3817        |
| P*O     | 4  | 0.5972        | 0.1116                     | <b>0.0210</b> | 0.4316        | 0.5373        | <b>0.0439</b> | 0.2156        | 0.1160        | 0.5706        | 0.7948        |
| N*P*O   | 8  | 0.5940        | 0.0890                     | <b>0.0084</b> | 0.1582        | 0.7583        | 0.2309        | 0.7198        | <b>0.0350</b> | 0.5053        | 0.6031        |
| V       | 1  | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b>              | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | 0.2590        | <b>0.0001</b> | <b>0.0002</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> |
| N*V     | 2  | 0.2834        | 0.7684                     | 0.1685        | 0.9291        | 0.2950        | 0.6044        | <b>0.0434</b> | 0.1451        | 0.2109        | 0.7659        |
| P*V     | 2  | 0.5547        | 0.5429                     | 0.1127        | 0.4498        | 0.7759        | 0.6043        | 0.9989        | <b>0.0379</b> | 0.8500        | 0.3707        |
| N*P*V   | 4  | 0.1512        | 0.2926                     | 0.6380        | 0.2858        | 0.3505        | 0.9397        | 0.8176        | <b>0.0238</b> | 0.5343        | 0.2254        |
| O*V     | 2  | 0.6588        | 0.3433                     | <b>0.0540</b> | 0.2628        | 0.1445        | 0.3848        | 0.0817        | 0.3711        | 0.4670        | 0.2446        |
| N*O*V   | 4  | 0.5344        | 0.7622                     | 0.3386        | 0.8622        | 0.8292        | 0.1009        | 0.3290        | 0.2507        | 0.9097        | 0.6701        |
| P*O*V   | 4  | 0.1847        | 0.3434                     | 0.80'22       | 0.2563        | 0.1030        | <b>0.0188</b> | 0.6214        | 0.1195        | 0.9555        | 0.2871        |
| N*P*O*V | 8  | 0.0544        | 0.2569                     | <b>0.0141</b> | 0.2619        | 0.3088        | 0.3456        | 0.1499        | <b>0.0057</b> | 0.6467        | 0.4339        |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la Ho, **GL:** grados de libertad, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas estadísticamente significativos (P ≤ 0.05), **DSH:** Diferencia significativa honesta

**Cuadro 33A.** Análisis de varianza de la extracción de nutrimentos en hoja, en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares (V) de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| FUENTE  | GL | Pr>F<br>HOJA  |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|---------|----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|         |    | NITROGENO     | FOSFORO       | POTASIO       | CALCIO        | MAGNESIO      | BORO          | COBRE         | FIERRO        | MANGANESO     | ZINC          |
| N       | 2  | <b>0.0293</b> | <b>0.0123</b> | 0.2680        | 0.2772        | <b>0.0071</b> | <b>0.0462</b> | <b>0.0112</b> | 0.0613        | <b>0.0002</b> | 0.0994        |
| P       | 2  | 0.6790        | <b>0.0001</b> | <b>0.0042</b> | <b>0.0018</b> | <b>0.0043</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0168</b> | <b>0.0361</b> | <b>0.0003</b> | 0.1237        |
| N*P     | 4  | 0.9891        | <b>0.0203</b> | 0.4949        | 0.1753        | 0.2354        | 0.0630        | 0.0779        | 0.3674        | 0.1391        | 0.1903        |
| O       | 2  | 0.2148        | <b>0.0390</b> | 0.0752        | 0.4507        | <b>0.0208</b> | 0.1994        | <b>0.0003</b> | 0.2549        | 0.2427        | <b>0.0181</b> |
| N*O     | 4  | 0.5106        | 0.1001        | 0.0817        | 0.2836        | 0.5396        | 0.2060        | <b>0.0063</b> | 0.1314        | 0.0899        | 0.4275        |
| P*O     | 4  | 0.2661        | <b>0.0012</b> | <b>0.0044</b> | 0.0882        | <b>0.0145</b> | <b>0.0006</b> | <b>0.0315</b> | <b>0.0186</b> | <b>0.0178</b> | 0.2894        |
| N*P*O   | 8  | 0.4837        | 0.1214        | 0.3327        | 0.8820        | 0.8329        | 0.8215        | 0.1107        | 0.1494        | 0.7474        | 0.5839        |
| V       | 1  | <b>0.0001</b> |
| N*V     | 2  | 0.9234        | 0.3389        | 0.0746        | <b>0.0468</b> | 0.0877        | <b>0.0159</b> | 0.9904        | 0.4276        | 0.5633        | 0.3240        |
| P*V     | 2  | 0.8380        | 0.0777        | 0.0894        | 0.2866        | 0.1467        | <b>0.0310</b> | <b>0.1199</b> | 0.4021        | 0.1391        | 0.5492        |
| N*P*V   | 4  | 0.7698        | 0.5244        | 0.8864        | 0.8522        | 0.5519        | 0.5207        | 0.5701        | 0.8535        | 0.7620        | 0.7020        |
| O*V     | 2  | 0.0992        | 0.1377        | 0.1493        | 0.9262        | 0.6350        | 0.6952        | 0.5927        | <b>0.0543</b> | 0.8262        | 0.5406        |
| N*O*V   | 4  | 0.8637        | 0.5873        | 0.3673        | 0.6959        | 0.8934        | 0.4686        | 0.5154        | 0.4247        | 0.4730        | 0.8348        |
| P*O*V   | 4  | 0.2959        | 0.2496        | 0.2641        | 0.9727        | 0.7240        | 0.1800        | 0.1239        | 0.0943        | 0.2892        | 0.4278        |
| N*P*O*V | 8  | 0.3268        | 0.2264        | 0.3808        | 0.4001        | 0.5555        | 0.8224        | 0.7431        | 0.1711        | 0.3075        | 0.2854        |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la Ho, **GL:** grados de libertad, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas estadísticamente significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 34A.** Análisis de varianza de la extracción de nutrimentos en flor, en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares (V) de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| FUENTE  | GL | NITROGENO     | FOSFORO       | POTASIO       | Pr>F<br>FLOR  |               |               |               |               |               |               |
|---------|----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|         |    |               |               |               | CALCIO        | MAGNESIO      | BORO          | COBRE         | FIERRO        | MANGANESO     | ZINC          |
| N       | 2  | 0.1532        | 0.0831        | 0.1948        | 0.7882        | <b>0.0092</b> | 0.1233        | <b>0.0010</b> | <b>0.0012</b> | <b>0.0139</b> | 0.5419        |
| P       | 2  | 0.4954        | 0.5385        | 0.3352        | 0.1564        | 0.0889        | 0.7596        | <b>0.0201</b> | 0.7680        | 0.2733        | 0.6137        |
| N*P     | 4  | 0.9176        | 0.1547        | 0.3395        | 0.0774        | <b>0.0213</b> | 0.1194        | 0.6531        | 0.1817        | 0.1613        | 0.2836        |
| O       | 2  | 0.3125        | 0.4294        | 0.6430        | 0.5162        | 0.7191        | 0.2920        | <b>0.0001</b> | <b>0.0035</b> | 0.5305        | 0.6695        |
| N*O     | 4  | 0.3218        | 0.6716        | 0.1439        | 0.9533        | 0.8416        | 0.8925        | <b>0.0002</b> | <b>0.0174</b> | 0.7442        | 0.8280        |
| P*O     | 4  | 0.6141        | 0.4114        | 0.1158        | 0.2989        | 0.0843        | 0.1204        | 0.1763        | 0.6871        | 0.1689        | 0.4072        |
| N*P*O   | 8  | 0.6161        | <b>0.0012</b> | 0.1515        | 0.5246        | 0.0990        | 0.2580        | <b>0.0186</b> | 0.1015        | 0.3986        | <b>0.0582</b> |
| V       | 1  | <b>0.0004</b> | <b>0.0234</b> | <b>0.0007</b> | <b>0.0158</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0520</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | 0.7537        |
| N*V     | 2  | 0.5387        | 0.8553        | 0.5144        | 0.5197        | 0.2090        | 0.9782        | 0.7818        | 0.2114        | 0.5996        | 0.9900        |
| P*V     | 2  | 0.4689        | 0.7714        | 0.3526        | 0.5403        | 0.1997        | 0.2362        | 0.5604        | 0.2149        | 0.7145        | 0.8182        |
| N*P*V   | 4  | 0.9998        | 0.5994        | 0.5514        | 0.3041        | 0.1070        | <b>0.0298</b> | 0.6574        | 0.2035        | 0.2344        | 0.3290        |
| O*V     | 2  | 0.3667        | 0.1937        | 0.6081        | 0.2855        | 0.2291        | 0.4393        | 0.6172        | 0.1562        | 0.3032        | 0.1425        |
| N*O*V   | 4  | 0.5516        | 0.8083        | 0.3130        | 0.6719        | 0.4014        | 0.5478        | 0.9130        | 0.3658        | 0.9881        | 0.7952        |
| P*O*V   | 4  | 0.1589        | 0.3451        | 0.1052        | 0.3370        | 0.2710        | 0.6422        | 0.1945        | 0.6503        | 0.4270        | 0.3857        |
| N*P*O*V | 8  | 0.3840        | <b>0.0122</b> | 0.1037        | 0.8852        | 0.2258        | 0.2003        | 0.6368        | 0.3597        | 0.6068        | 0.2279        |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la  $H_0$ , **GL:** grados de libertad, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas estadísticamente significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 35A.** Análisis de varianza de efectos significativos de factores simples e interacciones sobre la extracción de nutrimentos en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) en dos cultivares (V) de *Lilium* híbrido Asiático 'Mentón' y 'Brunelo'.

| Var.            | FACTORES E INTERACCIONES SIGNIFICATIVAS DE AMBOS CULTIVARES |        |        |        |  |                              |                       |
|-----------------|---|--------|--------|--------|--|------------------------------|-----------------------|
|                 | FACTOR SIMPLE   |        |        |        | INTERACCION DOBLE                      | INTERACCION TRIPE            | INTERACCION CUADRUPLE |
|                 | N   | P      | O      | V      |  |                              |                       |
| N <sub>TT</sub> |   |        |        | 0.0001 |  |                              | N*P*O*V=0.0544        |
| P <sub>T</sub>  | 0.0082  |        |        | 0.0001 |  |                              |                       |
| K <sub>T</sub>  |   | 0.0009 | 0.0001 | 0.0001 | P*O=0.0210<br>O*V=0.0540               | N*P*O=0.0084                 | N*P*O*V=0.0141        |
| Ca <sub>T</sub> | 0.0499  |        | 0.0008 | 0.0001 |  |                              |                       |
| Mg <sub>T</sub> | 0.0503  |        | 0.0021 |        |  |                              |                       |
| B <sub>T</sub>  |   |        | 0.0091 | 0.0001 | N*O=0.0121<br>P*O=0.0439               | P*O*V=0.0188                 |                       |
| Cu <sub>T</sub> |   | 0.0105 | 0.0001 | 0.0002 | N*V=0.0434                             |                              |                       |
| Fe <sub>T</sub> | 0.0034  | 0.0376 | 0.0001 | 0.0001 | N*O=0.0233<br>P*V=0.0379               | N*P*O=0.0350<br>N*P*V=0.0238 | N*P*O*V=0.0057        |
| Mn <sub>T</sub> | 0.0025  |        | 0.0001 | 0.0001 |  |                              |                       |
| Zn <sub>T</sub> |   |        |        | 0.0001 |  |                              |                       |
| N <sub>H</sub>  | 0.0293  |        |        | 0.0001 |  |                              |                       |
| P <sub>H</sub>  | 0.0123  | 0.0001 | 0.0390 | 0.0001 | N*P=0.0203<br>P*O=0.0012               |                              |                       |
| K <sub>H</sub>  |   | 0.0042 |        | 0.0001 | P*O=0.0044                             |                              |                       |
| Ca <sub>H</sub> |   | 0.0018 |        | 0.0001 | N*V=0.0468                             |                              |                       |
| Mg <sub>H</sub> | 0.0071  | 0.0043 | 0.0208 | 0.0001 | P*O=0.0145                             |                              |                       |
| B <sub>H</sub>  | 0.0462  |        | 0.0001 | 0.0001 | P*O=0.0006<br>N*V=0.0159<br>P*V=0.0310 |                              |                       |
| Cu <sub>H</sub> | 0.0112  | 0.0168 | 0.0003 | 0.0001 | N*O=0.0063<br>P*O=0.0315<br>P*V=0.1199 |                              |                       |
| Fe <sub>H</sub> |   | 0.0361 |        | 0.0001 | P*O=0.0186<br>O*V=0.0543<br>P*O=0.0178 |                              | N*P*O*V=0.0001        |
| Mn <sub>H</sub> | 0.0002  | 0.0003 |        | 0.0001 |  |                              |                       |
| Zn <sub>H</sub> |   |        | 0.0181 | 0.0001 |  |                              |                       |
| N <sub>F</sub>  |   |        |        | 0.0004 |  |                              |                       |
| P <sub>F</sub>  |   |        |        | 0.0234 |  |                              |                       |
| K <sub>F</sub>  |   |        |        | 0.0007 |  |                              | N*P*O=0.0012          |
| Ca <sub>F</sub> |   |        |        | 0.0158 |  |                              |                       |
| Mg <sub>F</sub> | 0.0092  |        |        | 0.0001 | N*P=0.0213                             |                              |                       |
| B <sub>F</sub>  |   |        |        | 0.0520 |  |                              | N*P*V=0.0298          |
| Cu <sub>F</sub> | 0.0010  | 0.0201 | 0.0001 | 0.0001 | N*O=0.0002                             | N*P*O=0.0186                 |                       |
| Fe              | 0.0012  |        | 0.0035 | 0.0001 | N*O=0.0174                             |                              |                       |
| Mn <sub>F</sub> | 0.0139  |        |        | 0.0001 |  |                              |                       |
| Zn <sub>F</sub> |   |        |        |        |  |                              | N*P*O=0.0582          |

TT: total en tallo; T: tallo; H: Hoja; F: flor; N, P, Ca, K y Mg en  $\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ , Mn, Fe, Cu, Zn y B en  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

**Cuadro 36A.** Análisis de varianza de la extracción de nutrientes en tallo, hoja y flor de *Lilium* híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de tres de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $deH_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| FUENTE | GL | Pr>F                      |               |               |               |                   |               |               |               |               |               |
|--------|----|---------------------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|        |    | NITROGENO                 | FOSFORO       | POTASIO       | CALCIO        | TALLO<br>MAGNESIO | BORO          | COBRE         | FIERRO        | MANGANESO     | ZINC          |
| N      | 2  | <b>0.0386<sup>1</sup></b> | <b>0.0135</b> | 0.2214        | 0.0784        | <b>0.0254</b>     | 0.2065        | <b>0.0186</b> | 0.2895        | <b>0.0202</b> | <b>0.0437</b> |
| P      | 2  | 0.6913                    | 0.6461        | 0.0855        | 0.6864        | 0.3588            | 0.2251        | <b>0.0533</b> | 0.7549        | 0.8287        | 0.6413        |
| N*P    | 4  | 0.1528                    | 0.4274        | 0.6724        | 0.5061        | 0.5089            | 0.7671        | 0.7363        | 0.6559        | 0.7510        | <b>0.0548</b> |
| O      | 2  | <b>0.0304</b>             | <b>0.0547</b> | <b>0.0008</b> | <b>0.0425</b> | 0.1407            | 0.1029        | <b>0.0006</b> | <b>0.0595</b> | <b>0.0001</b> | 0.4148        |
| N*O    | 4  | 0.3832                    | 0.6586        | 0.9749        | 0.5985        | 0.7919            | <b>0.0175</b> | 0.5183        | 0.5234        | 0.2114        | 0.6179        |
| P*O    | 4  | <b>0.0027</b>             | 0.2564        | <b>0.0089</b> | 0.7139        | 0.2320            | <b>0.0103</b> | 0.2401        | 0.5349        | 0.5588        | 0.1116        |
| N*P*O  | 8  | 0.0882                    | 0.0835        | 0.1597        | 0.1789        | 0.3913            | 0.1711        | 0.2104        | 0.3831        | 0.2597        | 0.7929        |
| HOJA   |    |                           |               |               |               |                   |               |               |               |               |               |
| N      | 2  | <b>0.0141</b>             | <b>0.0014</b> | <b>0.0028</b> | <b>0.0074</b> | <b>0.0084</b>     | <b>0.0005</b> | <b>0.0152</b> | <b>0.0010</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0004</b> |
| P      | 2  | 0.6932                    | <b>0.0225</b> | 0.1861        | 0.1060        | 0.1574            | <b>0.0227</b> | 0.6058        | <b>0.0027</b> | <b>0.0111</b> | 0.1185        |
| N*P    | 4  | 0.7237                    | 0.0604        | <b>0.0571</b> | <b>0.0472</b> | 0.0668            | <b>0.0115</b> | 0.2126        | 0.2591        | 0.0646        | 0.3461        |
| O      | 2  | 0.8979                    | 0.4907        | 0.5302        | 0.4841        | 0.1751            | 0.5098        | <b>0.0067</b> | 0.1264        | 0.1197        | <b>0.0085</b> |
| N*O    | 4  | 0.8915                    | 0.1403        | 0.3498        | 0.5941        | 0.9235            | 0.8780        | 0.0797        | <b>0.0048</b> | 0.2048        | 0.3737        |
| P*O    | 4  | 0.1924                    | 0.0893        | 0.1746        | 0.1699        | 0.2987            | 0.1902        | 0.9312        | <b>0.0058</b> | 0.4043        | 0.6422        |
| N*P*O  | 8  | 0.4241                    | 0.1931        | 0.6609        | 0.5476        | 0.9249            | 0.7414        | 0.6548        | 0.3364        | 0.1838        | 0.6281        |
| FLOR   |    |                           |               |               |               |                   |               |               |               |               |               |
| N      | 2  | <b>0.0443</b>             | <b>0.0319</b> | <b>0.0303</b> | 0.1719        | 0.0907            | 0.2118        | <b>0.0034</b> | <b>0.0283</b> | <b>0.0015</b> | 0.5393        |
| P      | 2  | 0.8974                    | 0.3790        | 0.6747        | 0.3668        | 0.8827            | 0.3820        | 0.1984        | 0.5869        | 0.5507        | 0.7273        |
| N*P    | 4  | 0.8969                    | 0.6484        | 0.1940        | 0.6342        | 0.7077            | 0.3144        | 0.9754        | 0.9809        | 0.3846        | 0.8410        |
| O      | 2  | 0.8176                    | 0.7306        | <b>0.0095</b> | 0.0970        | <b>0.0214</b>     | 0.0706        | <b>0.0002</b> | <b>0.0192</b> | <b>0.0218</b> | 0.4398        |
| N*O    | 4  | 0.6615                    | 0.1171        | 0.2000        | 0.2498        | 0.2673            | 0.5746        | <b>0.0059</b> | 0.1779        | 0.6048        | 0.4477        |
| P*O    | 4  | 0.5487                    | 0.0602        | <b>0.0260</b> | 0.2021        | <b>0.0399</b>     | 0.1125        | 0.1068        | 0.3024        | 0.3149        | 0.3451        |
| N*P*O  | 8  | 0.3575                    | 0.1749        | 0.1509        | 0.5342        | 0.3549            | 0.5228        | <b>0.0265</b> | 0.1038        | 0.4598        | 0.7623        |

Pr>F: probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la Ho, GL: grados de libertad, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas estadísticamente significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 37A.** Análisis de varianza de la extracción de nutrimentos en tallo, hoja y flor, de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo', en un experimento factorial con tres niveles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (N), tres de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).

| FUENTE |   | NITROGENO | FÓSFORO       | POTASIO                    | Pr>F          |               |               |               |               |               |           |
|--------|---|-----------|---------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|
|        |   |           |               |                            | TALLO         | CALCIO        | MAGNESIO      | BORO          | COBRE         | FIERRO        | MANGANESO |
| N      | 2 | 0.2654    | 0.2049        | 0.4537                     | 0.3664        | 0.7867        | 0.6901        | 0.3074        | <b>0.0080</b> | <b>0.0278</b> | 0.4775    |
| P      | 2 | 0.3748    | 0.3191        | <b>0.0087</b> <sup>1</sup> | 0.2014        | 0.0759        | 0.9237        | 0.1583        | <b>0.0119</b> | 0.7113        | 0.4221    |
| N*P    | 4 | 0.3586    | 0.7342        | 0.3646                     | 0.6114        | 0.7191        | 0.8390        | 0.8947        | <b>0.0149</b> | 0.6284        | 0.4768    |
| O      | 2 | 0.2932    | 0.6094        | <b>0.0008</b>              | <b>0.0108</b> | <b>0.0042</b> | <b>0.0569</b> | <b>0.0107</b> | <b>0.0037</b> | <b>0.0002</b> | 0.1391    |
| N*O    | 4 | 0.2635    | 0.5563        | 0.1793                     | 0.7403        | 0.2358        | <b>0.0584</b> | 0.3827        | <b>0.0149</b> | 0.9506        | 0.5130    |
| P*O    | 4 | 0.6196    | 0.1953        | 0.3207                     | 0.2348        | 0.2846        | <b>0.0546</b> | 0.5158        | 0.1137        | 0.8024        | 0.5452    |
| N*P*O  | 8 | 0.2485    | 0.2512        | <b>0.0132</b>              | 0.2568        | 0.6611        | 0.3483        | 0.5297        | <b>0.0131</b> | 0.6379        | 0.5090    |
|        |   |           |               |                            | Pr>F          |               |               |               |               |               |           |
|        |   |           |               |                            | HOJA          |               |               |               |               |               |           |
| N      | 2 | 0.3623    | 0.1674        | 0.3146                     | 0.4310        | <b>0.0540</b> | 0.2004        | 0.2143        | <b>0.0001</b> | 0.0760        | 0.3545    |
| P      | 2 | 0.7739    | <b>0.0032</b> | <b>0.0180</b>              | <b>0.0155</b> | <b>0.0157</b> | <b>0.0013</b> | <b>0.0251</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0077</b> | 0.2844    |
| N*P    | 4 | 0.9397    | 0.1411        | 0.9048                     | 0.8751        | 0.7271        | 0.5460        | 0.2427        | <b>0.0001</b> | 0.4580        | 0.3949    |
| O      | 2 | 0.0983    | <b>0.0598</b> | 0.0920                     | 0.7237        | 0.1003        | 0.3327        | <b>0.0172</b> | <b>0.0001</b> | 0.5531        | 0.1281    |
| N*O    | 4 | 0.6246    | 0.2994        | 0.1737                     | 0.4182        | 0.6236        | 0.2270        | 0.0707        | <b>0.0001</b> | 0.2298        | 0.6415    |
| P*O    | 4 | 0.3308    | <b>0.0191</b> | <b>0.0363</b>              | 0.4787        | 0.0887        | <b>0.0071</b> | <b>0.0317</b> | <b>0.0001</b> | 0.0693        | 0.3471    |
| N*P*O  | 8 | 0.4118    | 0.1913        | 0.3380                     | 0.6759        | 0.5862        | 0.8415        | 0.2690        | <b>0.0001</b> | 0.5846        | 0.4171    |
|        |   |           |               |                            | P>F           |               |               |               |               |               |           |
|        |   |           |               |                            | FLOR          |               |               |               |               |               |           |
| N      | 2 | 0.6316    | 0.3898        | 0.3781                     | 0.8859        | <b>0.0433</b> | 0.4616        | 0.0839        | <b>0.0164</b> | 0.2112        | 0.8348    |
| P      | 2 | 0.3912    | 0.7052        | 0.3375                     | 0.2826        | 0.0978        | 0.4352        | 0.0884        | 0.3688        | 0.4306        | 0.7027    |
| N*P    | 4 | 0.9908    | 0.2910        | 0.4659                     | 0.1246        | <b>0.0347</b> | <b>0.0348</b> | 0.5286        | 0.1066        | 0.1903        | 0.2002    |
| O      | 2 | 0.2552    | 0.2573        | 0.8499                     | 0.5482        | 0.8746        | 0.9794        | <b>0.0062</b> | <b>0.0290</b> | 0.6917        | 0.2722    |
| N*O    | 4 | 0.3671    | 0.9082        | 0.2301                     | 0.9675        | 0.7108        | 0.8037        | <b>0.0372</b> | 0.0688        | 0.9253        | 0.9572    |
| P*O    | 4 | 0.2773    | 0.5131        | 0.1389                     | 0.3682        | 0.2327        | 0.5132        | 0.2411        | 0.8353        | 0.2807        | 0.4343    |
| N*P*O  | 8 | 0.5630    | <b>0.0060</b> | 0.1501                     | 0.7508        | 0.1491        | 0.1628        | 0.3145        | 0.2542        | 0.5133        | 0.0630    |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la Ho, GL: grados de libertad, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas estadísticamente significativos (P ≤ 0.05).

**Cuadro 38A.** Análisis de varianza de efectos significativos de factores simples e interacciones sobre la extracción de nutrientes en *Lilium* híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (N), tres de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).

| VAR.            | FACTOR SIMPLE |        |        | Pr>F<br>INTERACCION<br>DOBLE | INTERACCION<br>TRIPE |
|-----------------|---------------|--------|--------|------------------------------|----------------------|
|                 | P             | N      | O      |                              |                      |
| N <sub>TT</sub> |               | 0.0386 | 0.0304 | N*O=0.0027                   |                      |
| P <sub>T</sub>  |               | 0.0135 | 0.0547 |                              |                      |
| K <sub>T</sub>  | 0.0855        |        | 0.0008 |                              |                      |
| Ca <sub>T</sub> |               |        |        | 0.0425                       |                      |
| Mg <sub>T</sub> |               | 0.0254 |        |                              |                      |
| B <sub>T</sub>  |               |        |        | N*O=0.0175<br>P*O=0.0103     |                      |
| Cu <sub>T</sub> | 0.0533        | 0.0186 | 0.0036 |                              |                      |
| Fe <sub>T</sub> |               |        | 0.0595 |                              |                      |
| Mn <sub>T</sub> |               | 0.0202 | 0.0001 |                              |                      |
| Zn <sub>T</sub> |               | 0.0437 |        | N*P=0.0548                   | -----                |
| N <sub>H</sub>  |               | 0.0141 |        |                              |                      |
| P <sub>H</sub>  | 0.0225        | 0.0014 |        |                              |                      |
| K <sub>H</sub>  |               | 0.0028 |        | N*P=0.0571                   |                      |
| Ca <sub>H</sub> |               | 0.0074 |        | N*P=0.0472                   | -----                |
| Mg <sub>H</sub> |               | 0.0084 |        |                              | -----                |
| B <sub>H</sub>  | 0.0227        | 0.0005 |        | N*P=0.0115                   |                      |
| Cu <sub>H</sub> |               | 0.0152 | 0.0067 |                              |                      |
| Fe <sub>H</sub> | 0.0027        | 0.0010 |        | N*O=0.0048<br>P*O=0.0058     |                      |
| Mn <sub>H</sub> | 0.0111        | 0.0001 |        |                              |                      |
| Zn <sub>H</sub> |               | 0.0004 | 0.0085 | -----                        | -----                |
| N <sub>F</sub>  |               | 0.0443 |        |                              |                      |
| P <sub>F</sub>  |               | 0.0319 |        |                              |                      |
| K <sub>F</sub>  |               | 0.0303 | 0.0095 | P*O=0.0260                   |                      |
| Ca <sub>F</sub> |               |        |        |                              |                      |
| Mg <sub>F</sub> |               |        | 0.0214 | P*O=0.0399                   | -----                |
| B <sub>F</sub>  | -----         | -----  | -----  | -----                        | -----                |
| Cu <sub>F</sub> |               | 0.0034 | 0.0002 | N*O=0.0059                   | N*P*O=0.0265         |
| Fe              |               | 0.0283 | 0.0192 |                              |                      |
| Mn <sub>F</sub> |               | 0.0015 | 0.0218 |                              |                      |
| Zn <sub>F</sub> | -----         | -----  | -----  | -----                        | -----                |

TT: total en tallo; T: tallo; H: Hoja; F: flor; N, P, Ca, K y Mg en g·100 g<sup>-1</sup>, Mn, Fe, Cu, Zn y B en mg·kg<sup>-1</sup>, Pr>F: probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la Ho considerando un nivel de significancia ≤ 0.05.

**Cuadro 39A.** Análisis de varianza de efectos significativos de factores simples e interacciones sobre la extracción de nutrimentos en *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| VARIABLE               | FACTORES E INTERACCIONES DE EL CULTIVAR BRUNELO |        |                   |   |                                       |
|------------------------|---|--------|-------------------|---|---------------------------------------|
|                        | FACTOR SIMPLE                                   |        |                   | INTERACCION DOBLE   | INTERACCION TRIPE                     |
|                        | P   | N      | O                 |   |                                       |
| $\text{N}_{\text{TT}}$ |   |        |                   |   | -----                                 |
| $\text{P}_{\text{T}}$  | -----   | ----   | ----              | -----   | -----                                 |
| $\text{K}_{\text{T}}$  | 0.0087  |        | 0.0008            | -----   | $\text{N}^*\text{P}^*\text{O}=0.0132$ |
| $\text{Ca}_{\text{T}}$ |   |        | 0.0108            | -----   | -----                                 |
| $\text{Mg}_{\text{T}}$ |   |        | 0.0042            | -----   |                                       |
| $\text{B}_{\text{T}}$  |   |        | 0.0569            | $\text{N}^*\text{O}=0.0584$<br>$\text{P}^*\text{O}=0.0546$                                | -----                                 |
| $\text{Cu}_{\text{T}}$ |   |        | 0.0107            | -----   | -----                                 |
| $\text{Fe}_{\text{T}}$ | 0.0119  | 0.0080 | 0.0037            | $\text{N}^*\text{P}=0.0149$<br>$\text{N}^*\text{O}=0.0149$                                | $\text{N}^*\text{P}^*\text{O}=0.0131$ |
| $\text{Mn}_{\text{T}}$ |   | 0.0278 | 0.0002            | -----   | -----                                 |
| $\text{Zn}_{\text{T}}$ | -----   | ---    | ---               | -----   | -----                                 |
| $\text{N}_{\text{H}}$  | -----   | ---    | ---               | -----   | -----                                 |
| $\text{P}_{\text{H}}$  | 0.0032  |        | 0.0598            | $\text{P}^*\text{O}=0.0191$   | -----                                 |
| $\text{K}_{\text{H}}$  |   |        | 0.0180            | $\text{P}^*\text{O}=0.0363$   | -----                                 |
| $\text{Ca}_{\text{H}}$ | 0.0155  |        |                   | -----   | -----                                 |
| $\text{Mg}_{\text{H}}$ | 0.0157  | 0.0540 |                   |   | -----                                 |
| $\text{B}_{\text{H}}$  | 0.0013  |        |                   | $\text{P}^*\text{O}=0.0071$   |                                       |
| $\text{Cu}_{\text{H}}$ | 0.0251  |        | $\text{O}=0.0172$ | $\text{P}^*\text{O}=0.0317$   | -----                                 |
| $\text{Fe}_{\text{H}}$ | 0.0001  | 0.0001 | 0.0001            | $\text{N}^*\text{P}=0.0001$<br>$\text{N}^*\text{O}=0.0001$<br>$\text{P}^*\text{O}=0.0001$ | $\text{N}^*\text{P}^*\text{O}.0001$   |
| $\text{Mn}_{\text{H}}$ | 0.0077  |        |                   | -----   | -----                                 |
| $\text{Zn}_{\text{H}}$ | -----   | ---    | ---               | -----   | -----                                 |
| $\text{N}_{\text{F}}$  | -----   | ---    | ---               | -----   | -----                                 |
| $\text{P}_{\text{F}}$  | -----   | ---    | ---               | -----   | $\text{N}^*\text{P}^*\text{O}=0.0060$ |
| $\text{K}_{\text{F}}$  | -----   | --     | --                | -----   | -----                                 |
| $\text{Ca}_{\text{F}}$ | -----   | --     | --                | -----   | -----                                 |
| $\text{Mg}_{\text{F}}$ |   | 0.0433 |                   | $\text{N}^*\text{P}=0.0347$   | -----                                 |
| $\text{B}_{\text{F}}$  | -----   | --     | --                | $\text{N}^*\text{P}=0.0348$   | -----                                 |
| $\text{Cu}_{\text{F}}$ |   |        | 0.0062            | $\text{N}^*\text{O}=0.0372$   | -----                                 |
| $\text{Fe}_{\text{F}}$ |   | 0.0164 | 0.0290            |   |                                       |
| $\text{Mn}_{\text{F}}$ | -----   | --     | --                | -----   |                                       |
| $\text{Zn}_{\text{F}}$ | -----   | --     | ---               | -----   | -----                                 |

$\text{TT}$ : total en tallo;  $\text{T}$ : tallo;  $\text{H}$ : Hoja;  $\text{F}$ : flor; **N, P, Ca, K** y **Mg** en  $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ , **Mn, Fe, Cu, Zn** y **B** en  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

**Cuadro 40A.** Pruebas de Tukey de la extracción de nutrientes en tallo, en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| NIVEL DEL FACTOR         | TALLO                   |            |           |          |           |           |           |           |           |          |
|--------------------------|-------------------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
|                          | NITROGENO               | FOSFORO    | POTASIO   | CALCIO   | MAGNESIO  | BORO      | COBRE     | FIERRO    | MANGANESO | ZINC     |
|                          | mg planta <sup>-1</sup> |            |           |          |           |           |           |           |           |          |
| <b>N (%)<sup>1</sup></b> |                         |            |           |          |           |           |           |           |           |          |
| 0.0                      | 19.26 a <sup>3</sup>    | 10.5944 b  | 50.906 a  | 4.4861 b | 4.6028 b  | 0.0957 a  | 0.0098 a  | 0.0971 a  | 0.0055 b  | 0.0623 a |
| 12.5                     | 23.003 a                | 12.9667 a  | 50.125 a  | 5.0500 a | 5.5861 a  | 0.1011 a  | 0.0120 a  | 0.0732 ab | 0.0092 a  | 0.0857 a |
| 25.0                     | 21.683 a                | 11.5417 ab | 49.897 a  | 4.3639 a | 5.2944 ab | 0.0903 a  | 0.0104 a  | 0.0600 b  | 0.0068 ab | 0.0656 a |
| DSH                      | 4.6054                  | 1.7757     | 6.5541    | 0.7006   | 0.968     | 0.0212    | 0.0028    | 0.0255    | 0.0025    | 0.0347   |
| <b>P (%)<sup>2</sup></b> |                         |            |           |          |           |           |           |           |           |          |
| 80                       | 21.806 a                | 11.1167a   | 48.9110 b | 4.7750 a | 4.9833 ab | 0.0926 a  | 0.0101 ab | 0.0694 a  | 0.0068 a  | 0,0811 a |
| 120                      | 22.556 a                | 12.300 a   | 56.3080 a | 4.8028 a | 5.7722 a  | 0.0987 a  | 0.0128 a  | 0.0929 a  | 0.0077 a  | 0.0650 a |
| 160                      | 19.586 a                | 11.6861 a  | 45.7080 b | 4.3222 a | 4.7278 b  | 0.0957 a  | 0.0093 b  | 0.0680 a  | 0.0070 a  | 0.0676 a |
| DSH                      | 4.6054                  | 1.7757     | 6.5541    | 0.7006   | 0.9680    | 0.0212    | 0.0028    | 0.0255    | 0.0025    | 0.0347   |
| <b>O (KPa)</b>           |                         |            |           |          |           |           |           |           |           |          |
| -30                      | 18.747 a                | 12.4250 a  | 42.272 b  | 5.2861 a | 5.9639a   | 0.0905 ab | 0.0075 b  | 0.0987 a  | 0.0118 a  | 0.0790 a |
| - 50                     | 22.564 a                | 11.1000 a  | 51.136 a  | 4.4694 b | 5.0333 ab | 0.1116 a  | 0.0119 a  | 0.0478 b  | 0.0044 b  | 0.0826 a |
| - 70                     | 22.636 a                | 11.5778 a  | 57.519 a  | 4.1444 b | 4.4861 b  | 0.0850 b  | 0.0128 a  | 0.0838 a  | 0.0053 b  | 0.0521 a |
| DSH                      | 4.6054                  | 1.7757     | 6.5541    | 0.7006   | 0.9680    | 0.0212    | 0.0028    | 0.0255    | 0.0025    | 0.0347   |
| <b>CULTIVAR</b>          |                         |            |           |          |           |           |           |           |           |          |
| MENTON                   | 15.443 a                | 9.1185 b   | 33.322 b  | 3.8333 b | 5.3481 a  | 0.0642 b  | 0.0088 b  | 0.0479 b  | 0.0042 b  | 0.0468 b |
| BRUNELO                  | 27.189 b                | 14.2833 a  | 67.296 a  | 5.4333 a | 4.9741 a  | 0.1271 a  | 0.0126 a  | 0.1057 a  | 0.0101 a  | 0.0956 a |
| DSH                      | 3.1283                  | 1.2062     | 4.459     | 0.4752   | 0.6575    | 0.0144    | 0.0019    | 0.0173    | 0.0017    | 0.0236   |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**. Diferencia significativa honesta

**Cuadro 41A.** Pruebas de Tukey de la extracción de nutrientes en hoja, en un experimento factorial con tres niveles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (N), tres de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| NIVEL DEL FACTOR   | HOJA                    |            |           |          |           |          |           |          |           |           |
|--------------------|-------------------------|------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
|                    | NITROGENO               | FOSFORO    | POTASIO   | CALCIO   | MAGNESIO  | BORO     | COBRE     | FIERRO   | MANGANESO | ZINC      |
|                    | mg planta <sup>-1</sup> |            |           |          |           |          |           |          |           |           |
| N (%) <sup>1</sup> |                         |            |           |          |           |          |           |          |           |           |
| 0.0                | 66.156 b <sup>3</sup>   | 10.4639 b  | 147.297 a | 34.364 a | 25.925 b  | 0.7829 a | 0.0236 b  | 0.4658 a | 0.1185 b  | 0.2308 a  |
| 12.5               | 82.139 a                | 12.0361 ab | 147.114 a | 38.842 a | 30.459 ab | 0.8918 a | 0.0298 a  | 0.5595 a | 0.1639 a  | 0.2751 a  |
| 25.0               | 75.428 ab               | 12.3861 a  | 134.033 a | 37.881 a | 32.672 a  | 0.9101 a | 0.0283 ab | 0.5322 a | 0.1587 a  | 0.2880 a  |
| DSH                | 14.087                  | 1.5967     | 22.314    | 7.009    | 5.0332    | 0.1298   | 0.0049    | 0.0958   | 0.0263    | 0.0659    |
| P (%) <sup>2</sup> |                         |            |           |          |           |          |           |          |           |           |
| 80                 | 74.294 a                | 10.6056 b  | 133.944 b | 35.536 b | 28.739 ab | 0.8024 b | 0.0260 ab | 0.4904 a | 0.1392 b  | 0.2635 a  |
| 120                | 77.283 a                | 13.3944 a  | 161.414 a | 43.106 a | 33.697 a  | 0.0102 a | 0.0307 a  | 0.5802 a | 0.1738 a  | 0.2937 a  |
| 160                | 72.144 a                | 10.8861 b  | 133.086 b | 32.444 b | 26.631 b  | 0.7722 b | 0.0250 b  | 0.4871 a | 0.1281 b  | 0.2368 a  |
| DSH                | 14.087                  | 1.5967     | 22.314    | 7.009    | 5.0332    | 0.1298   | 0.0049    | 0.0958   | 0.0263    | 0.0659    |
| O (KPa)            |                         |            |           |          |           |          |           |          |           |           |
| - 30               | 74.561 a                | 10.8389 b  | 132.097 a | 36.961 a | 28.875 ab | 0.8581 a | 0.0234 b  | 0.5050 a | 0.1476 a  | 0.3098 a  |
| - 50               | 79.781 a                | 11.4861 ab | 142.672 a | 35.214 a | 27.167 b  | 0.8144 a | 0.0261 b  | 0.4954 b | 0.1374 a  | 0.2514 ab |
| - 70               | 69.381 a                | 12.5611 a  | 153.675 a | 38.911 a | 33.025 a  | 0.9123 a | 0.0321 a  | 0.5572 b | 0.1560 a  | 0.2327 b  |
| DSH                | 14.087                  | 1.5967     | 22.314    | 7.009    | 5.0332    | 0.1298   | 0.049     | 0.0958   | 0.0263    | 0.0659    |
| CULTIVAR           |                         |            |           |          |           |          |           |          |           |           |
| MENTON             | 64.552 a                | 7.0981 b   | 81.915 b  | 29.230 b | 21.757 b  | 0.5964 b | 0.0194 b  | 0.3589 b | 0.0901 b  | 0.1837 b  |
| BRUNELO            | 84.596 b                | 16.1593 a  | 203.715 a | 44.828 a | 37.620 a  | 1.1268 a | 0.0351 a  | 0.6795 a | 0.2039 a  | 0.3457 a  |
| DSH                | 9.5688                  | 1.0846     | 15.157    | 4.761    | 3.4189    | 0.0881   | 0.0034    | 0.065    | 0.0178    | 0.0448    |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**. Diferencia significativa honesta

**Cuadro 42A.** Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en flor, en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| NIVEL DEL FACTOR         | NITROGENO             | FOSFORO   | POTASIO  | CALCIO    | FLOR       |          |           |           |           |          |
|--------------------------|-----------------------|-----------|----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
|                          |                       |           |          |           | MAGNESIO   | BORO     | COBRE     | FIERRO    | MANGANESO | ZINC     |
| mg planta <sup>-1</sup>  |                       |           |          |           |            |          |           |           |           |          |
| <b>N (%)<sup>1</sup></b> |                       |           |          |           |            |          |           |           |           |          |
| 0.0                      | 53.886 a <sup>3</sup> | 10.094 a  | 60.431 a | 9.3306 a  | 8.0861 b   | 0.2915 a | 0.0111 b  | 0.1613 b  | 0.0419 b  | 0.1085 a |
| 12.5                     | 63.617 a              | 12.447 a  | 71.433 a | 9.9806 a  | 10.0444 ab | 0.3192 a | 0.0166 a  | 0.2146 ab | 0.0570 a  | 0.1181 a |
| 25.0                     | 59.856 a              | 12.108 a  | 74.306 a | 9.6750 a  | 10.7000 a  | 0.3561 a | 0.0173 a  | 0.2522 a  | 0.0545 ab | 0.1179 a |
| DSH                      | 11.998                | 2.6855    | 19.223   | 2.2667    | 2.0477     | 0.0748   | 0.0041    | 0.0563    | 0.0128    | 0.0237   |
| <b>P (%)<sup>2</sup></b> |                       |           |          |           |            |          |           |           |           |          |
| 80                       | 59.356 a              | 10.839 a  | 64.678 a | 9.6167 a  | 9.2861 a   | 0.3108 a | 0.0142 ab | 0.2004 a  | 0.0501 a  | 0.1146 a |
| 120                      | 61.964 a              | 11.808 a  | 75.564 a | 10.6056 a | 10.6861 a  | 0.3339 a | 0.0177 a  | 0.2173 a  | 0.0559 a  | 0.1198 a |
| 160                      | 56.039 a              | 12.003 a  | 65.928 a | 8.7639 a  | 8.8583 a   | 0.3221 a | 0.0130 b  | 0.2105 a  | 0.0474 a  | 0.1100 a |
| DSH                      | 11.998                | 2.6855    | 19.223   | 2.2667    | 2.0477     | 0.0748   | 0.0041    | 0.0563    | 0.0128    | 0.0237   |
| <b>O (KPa)</b>           |                       |           |          |           |            |          |           |           |           |          |
| - 30                     | 57.942 a              | 10.997 a  | 70.869 a | 9.0639 a  | 9.9639 a   | 0.3448 a | 0.0180 a  | 0.1910 b  | 0.0546 a  | 0.1104 a |
| - 50                     | 63.408 a              | 12.378 a  | 64.378 a | 9.7944 a  | 9.2722 a   | 0.2959 a | 0.0096 b  | 0.1803 b  | 0.0494 a  | 0.1193 a |
| - 70                     | 56.008 a              | 11.275 a  | 70.922 a | 10.1278 a | 9.5944 a   | 0.3261 a | 0.0174 a  | 0.2569 a  | 0.0494 a  | 0.1148 a |
| DSH                      | 11.998                | 2.6855    | 19.223   | 2.2667    | 2.0477     | 0.0748   | 0.0041    | 0.0563    | 0.0128    | 0.0237   |
| <b>CULTIVAR</b>          |                       |           |          |           |            |          |           |           |           |          |
| MENTON                   | 51.491 a              | 10.4889 b | 56.993 b | 8.7056 b  | 8.1907 b   | 0.2970 a | 0.0120 b  | 0.1666 b  | 0.0398 b  | 0.1135 a |
| BRUNELO                  | 66.748 b              | 12.6111 a | 80.454 a | 10.6185 a | 11.0296 a  | 0.3474 a | 0.0180 a  | 0.2522 a  | 0.0624 a  | 0.1161 a |
| DSH                      | 8.1495                | 1.8241    | 13.058   | 1.5397    | 1.391      | 0.0508   | 0.0028    | 0.0383    | 0.0087    | 0.0161   |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**. Diferencia significativa honesta

**Cuadro 43A.** Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en tallo de *Lilium* híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (N), tres de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR        | NITROGENO             | FOSFORO   | POTASIO  | CALCIO   | TALLO    |          |           |          |           |           |
|-------------------------|-----------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
|                         |                       |           |          |          | MAGNESIO | BORO     | COBRE     | FIERRO   | MANGANESO | ZINC      |
| mg planta <sup>-1</sup> |                       |           |          |          |          |          |           |          |           |           |
| N (%) <sup>1</sup>      |                       |           |          |          |          |          |           |          |           |           |
| 0.0                     | 13.772 b <sup>3</sup> | 7.7444 b  | 30.911 a | 3.6222 a | 4.4611 a | 0.0591 a | 0.0063 b  | 0.0566 a | 0.0031 b  | 0.0384 b  |
| 12.5                    | 15.439 ab             | 10.3833 a | 34.483 a | 4.2889 a | 6.0778 a | 0.0723 a | 0.0104 a  | 0.0534 a | 0.0052 a  | 0.0558 a  |
| 25.0                    | 17.117 a              | 9.2278 ab | 34.572 a | 3.5889 b | 5.5056 a | 0.0612 a | 0.0098 ab | 0.0336 a | 0.0044 ab | 0.0463 ab |
| DSH                     | 3.0571                | 2.0602    | 5.7986   | 0.8271   | 1.3987   | 0.0193   | 0.0036    | 0.0384   | 0.0018    | 0.0163    |
| P (%) <sup>2</sup>      |                       |           |          |          |          |          |           |          |           |           |
| 80                      | 15.439 a              | 9.0000 a  | 33.439 a | 3.9889 a | 5.2667 a | 0.0598 a | 0.0082 a  | 0.0413 a | 0.0041 a  | 0.0450 a  |
| 120                     | 15.978 a              | 9.5556 a  | 35.978 a | 3.8111 a | 5.7944 a | 0.0722 a | 0.0109 a  | 0.0496 a | 0.0045 a  | 0.0451 a  |
| 160                     | 14.911aa              | 8.8000 a  | 30.550 a | 3.7000 a | 4.9833 a | 0.0606 a | 0.0073 a  | 0.0526 a | 0.0041 a  | 0.0504 a  |
| DSH                     | 3.0571                | 2.0602    | 5.7986   | 0.8271   | 1.3987   | 0.0193   | 0.0036    | 0.0384   | 0.0018    | 0.0163    |
| O (KPa)                 |                       |           |          |          |          |          |           |          |           |           |
| - 30                    | 13.583 b              | 9.9500 a  | 29.156 b | 4.3444 a | 6.0056 a | 0.0636 a | 0.0057 b  | 0.0617 a | 0.0082 a  | 0.0488 a  |
| - 50                    | 15.711 ab             | 7.9278 a  | 31.806 b | 3.5333 a | 4.9111 a | 0.0732 a | 0.0086 ab | 0.0257 a | 0.0017 a  | 0.0499 a  |
| - 70                    | 17.033 a              | 9.4778 a  | 39.006 a | 3.6222 a | 5.1278 a | 0.0559 a | 0.0122 a  | 0.0562 a | 0.0028 b  | 0.0418 a  |
| DSH                     | 3.0571                | 2.0602    | 5.7986   | 0.8271   | 1.3987   | 0.0193   | 0.0036    | 0.0384   | 0.0018    | 0.0163    |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta según la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Cuadro 44A.** Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en hoja de *Lilium* híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (N), tres de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR   | HOJA                    |          |          |          |           |           |           |           |           |          |
|--------------------|-------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
|                    | NITROGENO               | FOSFORO  | POTASIO  | CALCIO   | MAGNESIO  | BORO      | COBRE     | FIERRO    | MANGANESO | ZINC     |
|                    | mg planta <sup>-1</sup> |          |          |          |           |           |           |           |           |          |
| N (%) <sup>1</sup> |                         |          |          |          |           |           |           |           |           |          |
| 0.0                | 55.022 b <sup>3</sup>   | 5.9000 b | 75.411 b | 25.211 b | 17.522 b  | 0.4744 b  | 0.0157 b  | 0.3065 b  | 0.0608 b  | 0.1477 b |
| 12.5               | 55.739 a                | 8.0110 a | 96.928 a | 35.228 a | 25.089 a  | 0.7194 a  | 0.0218 a  | 0.4248 a  | 0.1132 a  | 0.2158 a |
| 25.0               | 66.622 ab               | 7.3778 a | 73.317 b | 27.228 b | 22.644 ab | 0.5950 ab | 0.0206 ab | 0.3453 b  | 0.0963 a  | 0.1874 a |
| DSH                | 13.602                  | 1.3033   | 16.895   | 7.6414   | 5.6569    | 0.1347    | 0.0051    | 0.0706    | 0.0194    | 0.0367   |
| P (%) <sup>2</sup> |                         |          |          |          |           |           |           |           |           |          |
| 80                 | 62.578 a                | 6.6500 b | 80.950 a | 29.222 a | 22.600 a  | 0.6072 ab | 0.0185 a  | 0.3055 b  | 0.0866 ab | 0.1761 a |
| 120                | 67.172 a                | 7.9944 a | 88.750 a | 32.628 a | 23.489 a  | 0.6706 a  | 0.0205 a  | 0.4152 a  | 0.1043 a  | 0.2019 a |
| 160                | 63.906 a                | 6.6444 b | 75.956 a | 25.817 a | 19.167 a  | 0.5111 b  | 0.0191 a  | 0.3559 ab | 0.0794 b  | 0.1729 a |
| DSH                | 13.602                  | 1.3033   | 16.895   | 7.6414   | 5.6569    | 0.1347    | 0.0051    | 0.0706    | 0.0194    | 0.0367   |
| O (KPa)            |                         |          |          |          |           |           |           |           |           |          |
| -30                | 65.033 a                | 7.0389 a | 81.633 a | 28.511 a | 21.722 a  | 0.6089 a  | 0.0167 b  | 0.3931 a  | 0.0872 a  | 0.2119 a |
| -50                | 63.106 a                | 6.8111 a | 78.133 a | 27.800 a | 19.567 a  | 0.5600 a  | 0.0180 b  | 0.3367 a  | 0.0836 a  | 0.1747 b |
| -70                | 65.517 a                | 7.4389 a | 85.889 a | 31.356 a | 23.967 a  | 0.6200 a  | 0.0234 a  | 0.3468 a  | 0.0996 a  | 0.1643 b |
| DSH                | 13.602                  | 1.3033   | 16.895   | 7.6414   | 5.6569    | 0.1347    | 0.0051    | 0.0706    | 0.0194    | 0.0367   |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta

**Cuadro 45A.** Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en flor de *Lilium* híbrido Asiático 'Mentón', en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR          | NITROGENO             | FOSFORO    | POTASIO   | CALCIO   | FLOR                    |          |          |           |           |          |
|---------------------------|-----------------------|------------|-----------|----------|-------------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
|                           |                       |            |           |          | MAGNESIO                | BORO     | COBRE    | FIERRO    | MANGANESO | ZINC     |
|                           |                       |            |           |          | mg planta <sup>-1</sup> |          |          |           |           |          |
| <b>N (%)</b> <sup>1</sup> |                       |            |           |          |                         |          |          |           |           |          |
| 0.0                       | 43.606 a <sup>3</sup> | 9.2444 b   | 51.478 b  | 8.2500 a | 7.2667 a                | 0.2634 a | 0.0080 b | 0.1272 b  | 0.0316 b  | 0.1066 a |
| 12.5                      | 55.739 a              | 11.5333 a  | 62.267 a  | 9.6167 a | 8.8833 a                | 0.2976 a | 0.0128 a | 0.1870 a  | 0.0477 a  | 0.1176 a |
| 25.0                      | 55.128 a              | 10.6889 ab | 57.233 ab | 8.2500 a | 8.4222 a                | 0.3303 a | 0.0146 a | 0.1855 ab | 0.0402 ab | 0.1164 a |
| DSH                       | 12.8                  | 2.0489     | 9.4734    | 2.0173   | 1.8017                  | 0.0915   | 0.0045   | 0.0592    | 0.0098    | 0.0266   |
| <b>P (%)</b> <sup>2</sup> |                       |            |           |          |                         |          |          |           |           |          |
| 80                        | 50.122 a              | 10.0333 a  | 55.178 a  | 9.0389 a | 8.1333 a                | 0.3081 a | 0.0117 a | 0.1808 a  | 0.0396 a  | 0.1166 a |
| 120                       | 52.383 a              | 10.2833 a  | 57.233 a  | 9.0500 a | 8.3944 a                | 0.3158 a | 0.0136 a | 0.1576 a  | 0.0421 a  | 0.1154 a |
| 160                       | 51.967 a              | 11.1500 a  | 58.567 a  | 8.0278 a | 8.0444 a                | 0.2673 a | 0.0102 a | 0.1613 a  | 0.0378 a  | 0.1086 a |
| DSH                       | 12.8                  | 2.0489     | 9.4734    | 2.0173   | 1.8017                  | 0.0915   | 0.0045   | 0.0592    | 0.0098    | 0.0266   |
| <b>O (KPa)</b>            |                       |            |           |          |                         |          |          |           |           |          |
| 30                        | 49.606 a              | 10.5500 a  | 63.694 a  | 8.3944 a | 9.3444 a                | 0.3363 a | 0.0153 a | 0.1744 ab | 0.0448 a  | 0.1133 a |
| 50                        | 52.628 a              | 10.1333 a  | 51.006 b  | 7.9833 a | 7.1944 b                | 0.2485 a | 0.0068 b | 0.1271 b  | 0.0334 b  | 0.1067 a |
| 70                        | 52.239 a              | 10.7833 a  | 56.278 ab | 9.7389 a | 8.0333 ab               | 0.3064 a | 0.0133 a | 0.1982 a  | 0.0413 ab | 0.1206 a |
| DSH                       | 12.8                  | 2.0489     | 9.4734    | 2.0173   | 1.8077                  | 0.0915   | 0.0045   | 0.0592    | 0.0098    | 0.0266   |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta según la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Cuadro 46A.** Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en tallo de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR         | NITROGENO             | FOSFORO  | POTASIO  | CALCIO    | TALLO     |          |           |           |           |          |
|--------------------------|-----------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
|                          |                       |          |          |           | MAGNESIO  | BORO     | COBRE     | FIERRO    | MANGANESO | ZINC     |
| mg planta <sup>-1</sup>  |                       |          |          |           |           |          |           |           |           |          |
| <b>N (%)<sup>1</sup></b> |                       |          |          |           |           |          |           |           |           |          |
| 0.0                      | 24.750 a <sup>3</sup> | 13.444 a | 70.900 a | 5.3500 a  | 4.7444 a  | 0.1323 a | 0.0134 a  | 0.1444 a  | 0.0079 b  | 0.0863 a |
| 12.5                     | 30.567 a              | 15.550 a | 65.767 a | 5.8111 a  | 5.0944 a  | 0.1298 a | 0.0135 a  | 0.1056 ab | 0.0132 a  | 0.1156 a |
| 25.0                     | 26.250 a              | 13.856 a | 65.222 a | 5.1389 a  | 5.0833 a  | 0.1194 a | 0.0109 a  | 0.0833 b  | 0.0091 ab | 0.0850 a |
| DSH                      | 8.9695                | 3.0175   | 12.176   | 1.1807    | 1.4179    | 0.0391   | 0.0046    | 0.045     | 0.0048    | 0.0696   |
| <b>P (%)<sup>2</sup></b> |                       |          |          |           |           |          |           |           |           |          |
| 80                       | 28.172 a              | 13.233 a | 64.383 b | 5.5611 a  | 4.7000 a  | 0.1254 a | 0.0120 a  | 0.1000 ab | 0.0094 a  | 0.1172 a |
| 120                      | 29.133 a              | 15.044 a | 76.639 a | 5.7944 a  | 5.7500 a  | 0.1252 a | 0.0147 a  | 0.1444 a  | 0.0109 a  | 0.0848 a |
| 160                      | 24.261 a              | 14.572 a | 60.867 b | 4.9444 a  | 4.4722 a  | 0.1308 a | 0.0111 a  | 0.0889 b  | 0.0098 a  | 0.0847 a |
| DSH                      | 8.9695                | 3.0175   | 12.176   | 1.1807    | 1.4179    | 0.0391   | 0.0046    | 0.045     | 0.0048    | 0.0696   |
| <b>O (KPa)</b>           |                       |          |          |           |           |          |           |           |           |          |
| 30                       | 23.911 a              | 14.900 a | 55.389 b | 6.2278 a  | 5.9222 a  | 0.1174 a | 0.0093 b  | 0.1333 a  | 0.0154 a  | 0.1091 a |
| 50                       | 29.417 a              | 14.272 a | 70.467 a | 5.4056 ab | 5.1556 ab | 0.1501 a | 0.0152 a  | 0.0722 b  | 0.0070 b  | 0.1153 a |
| 70                       | 28.239 a              | 13.678 a | 76.033 a | 4.6667 b  | 3.8444 b  | 0.1140 a | 0.0134 ab | 0.1278 a  | 0.0077 b  | 0.0624 a |
| DSH                      | 8.9695                | 3.0175   | 12.176   | 1.1807    | 1.4179    | 0.0391   | 0.0046    | 0.045     | 0.0048    | 0.0696   |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta

**Cuadro 47A.** Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en hoja de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR           | NITROGENO            | FOSFORO   | POTASIO  | CALCIO    | HOJA     |          |           |          |           |          |
|----------------------------|----------------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|                            |                      |           |          |           | MAGNESIO | BORO     | COBRE     | FIERRO   | MANGANESO | ZINC     |
| mg planta <sup>-1</sup>    |                      |           |          |           |          |          |           |          |           |          |
| <b>N (%)<sup>1</sup></b>   |                      |           |          |           |          |          |           |          |           |          |
| 0.0                        | 77.29 a <sup>3</sup> | 15.022 a  | 219.09 a | 43.494 a  | 34.311 a | 1.0917 a | 0.0315 a  | 0.6239 b | 0.1762 a  | 0.3138 a |
| 12.5                       | 92.27 a              | 16.061 a  | 197.30 a | 42.456 a  | 35.850 a | 1.0650 a | 0.0377 a  | 1.2594 a | 0.2146 a  | 0.3344 a |
| 25.0                       | 84.23 a              | 17.394 a  | 194.75 a | 48.533 a  | 42.700 a | 1.2256 a | 0.0359 a  | 0.7200 b | 0.2210 a  | 0.3887 a |
| DSH                        | 25.596               | 3.0164    | 42.696   | 12.232    | 8.6753   | 0.2309   | 0.0088    | 0.1854   | 0.0504    | 0.1305   |
| <b>P (%)<sup>2</sup></b>   |                      |           |          |           |          |          |           |          |           |          |
| 80                         | 86.01 a              | 14.556 B  | 186.85 b | 41.828 ab | 34.861 b | 0.9978 b | 0.0334 ab | 0.6750 B | 0.1917 b  | 0.0508 a |
| 120                        | 87.39 a              | 18.794 a  | 234.08 a | 53.583 a  | 43.906 a | 1.3500 a | 0.0408 a  | 1.3100 a | 0.2432 a  | 0.3856 a |
| 160                        | 80.38 a              | 15.128 b  | 190.22 b | 39.072 b  | 34.094 b | 1.0344 b | 0.0309 b  | 0.6183 B | 0.1768 b  | 0.3006 a |
| DSH                        | 25.596               | 3.0164    | 42.696   | 12.232    | 8.6753   | 0.2309   | 0.0088    | 0.1854   | 0.0504    | 0.1305   |
| <b>O (KPa<sup>9</sup>)</b> |                      |           |          |           |          |          |           |          |           |          |
| 30                         | 84.09 a              | 14.639 b  | 182.56 a | 45.411 a  | 36.028 a | 1.1100 a | 0.0301 b  | 1.1822 a | 0.2081 a  | 0.4078 a |
| 50                         | 96.46 a              | 16.156 ab | 207.12 a | 42.606 a  | 34.750 a | 1.0672 a | 0.0342 ab | 0.6533 b | 0.1912 a  | 0.3281 a |
| 70                         | 73.24 a              | 17.683 a  | 221.46 a | 46.467 a  | 42.083 a | 1.2050 a | 0.0409 a  | 0.7678 b | 0.2124 a  | 0.3011 a |
| DSH                        | 25.596               | 3.0164    | 42.696   | 12.232    | 8.6753   | 0.2309   | 0.0088    | 0.1854   | 0.0504    | 0.1305   |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta.

**Cuadro 48A.** Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en flor de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR         | NITROGENO               | FOSFORO  | POTASIO | CALCIO   | MAGNESIO  | BORO     | COBRE    | FIERRO    | MANGANESO | ZINC     |
|--------------------------|-------------------------|----------|---------|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
|                          | mg planta <sup>-1</sup> |          |         |          |           |          |          |           |           |          |
| <b>N (%)<sup>1</sup></b> |                         |          |         |          |           |          |          |           |           |          |
| 0.0                      | 64.167 a <sup>3</sup>   | 10.944 a | 69.38 a | 10.411 a | 8.906 b   | 0.3206 a | 0.0142 a | 0.1956 B  | 0.0522 a  | 0.1103 a |
| 12.5                     | 71.494 a                | 13.361 a | 80.60 a | 10.344 a | 11.206 ab | 0.3406 a | 0.0202 a | 0.2428 aB | 0.0662 a  | 0.1186 a |
| 25.0                     | 64.583 a                | 13.528 a | 91.38 a | 11.100 a | 12.978 a  | 0.3822 a | 0.0197 a | 0.3183 a  | 0.0688 a  | 0.1193 a |
| DSH                      | 21.109                  | 5.1318   | 38.403  | 4.2051   | 3.8088    | 0.1237   | 0.0071   | 0.0991    | 0.0245    | 0.041    |
| <b>P(%)<sup>2</sup></b>  |                         |          |         |          |           |          |          |           |           |          |
| 80                       | 68.589 a                | 11.644 a | 74.18 a | 10.194 a | 10.439 a  | 0.3133 a | 0.0166 a | 0.2206 a  | 0.0606 a  | 0.1127 a |
| 120                      | 71.544 a                | 13.333 a | 93.89 a | 12.161 a | 12.978 a  | 0.3517 a | 0.0218 a | 0.2767 a  | 0.0696 a  | 0.1241 a |
| 160                      | 60.111 a                | 12.856 a | 73.29 a | 9.500 a  | 9.672 a   | 0.3783 a | 0.0157 a | 0.2594 a  | 0.0570 a  | 0.1114 a |
| DSH                      | 21.109                  | 5.1318   | 38.403  | 4.2051   | 3.8088    | 0.1237   | 0.0071   | 0.0991    | 0.0245    | 0.041    |
| <b>O (KPa)</b>           |                         |          |         |          |           |          |          |           |           |          |
| -30                      | 66.278 a                | 11.444 a | 78.04 a | 9.733 a  | 10.583 a  | 0.3533 a | 0.0204 a | 0.2072 b  | 0.0643 a  | 0.1074 a |
| -50                      | 74.189 a                | 14.622 a | 77.75 a | 11.606 a | 11.350 a  | 0.3433 a | 0.0122 b | 0.2333 ab | 0.0653 a  | 0.1318 a |
| -70                      | 59.778 a                | 11.767 a | 85.57 a | 10.517 a | 11.156 a  | 0.3467 a | 0.0214 a | 0.3161 a  | 0.0575 a  | 0.1089 a |
| DSH                      | 21.109                  | 5.1318   | 38.403  | 4.2051   | 3.8088    | 0.1237   | 0.0071   | 0.0991    | 0.0245    | 0.041    |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta

**Cuadro 49A.** Análisis de varianza de efectos significativos de los factores simples e interacciones sobre la extracción de nutrientes en planta, en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4$  (P) y tres de potencial osmótico (O) y dos cultivares (V) de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' y 'Brunelo'.

| FUENTE  | GL | N             | P                          | K             | Pr>F<br>PLANTA |               | B             | Cu            | Fe            | Mn            | Zn            |
|---------|----|---------------|----------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|         |    |               |                            |               | Ca             | Mg            |               |               |               |               |               |
| N       | 2  | 0.0532        | <b>0.0001</b> <sup>1</sup> | 0.6403        | 0.2317         | <b>0.0006</b> | <b>0.0158</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0231</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0484</b> |
| P       | 2  | 0.5029        | <b>0.0047</b>              | <b>0.0003</b> | <b>0.0010</b>  | <b>0.0007</b> | <b>0.0003</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0172</b> | <b>0.0001</b> | 0.1587        |
| N*P     | 4  | 0.9954        | 0.8401                     | 0.6520        | 0.4138         | 0.7465        | 0.2740        | 0.2368        | 0.7790        | 0.1116        | 0.8206        |
| O       | 2  | 0.2924        | 0.7550                     | <b>0.0155</b> | 0.6390         | 0.0897        | 0.2884        | <b>0.0001</b> | <b>0.0033</b> | 0.1139        | <b>0.0177</b> |
| N*O     | 4  | 0.3539        | 0.3986                     | 0.1904        | 0.3006         | 0.6528        | 0.2761        | <b>0.0027</b> | 0.1249        | <b>0.0500</b> | 0.1804        |
| P*O     | 4  | 0.4148        | <b>0.0113</b>              | <b>0.0004</b> | 0.0821         | <b>0.0103</b> | <b>0.0003</b> | <b>0.0095</b> | 0.0699        | <b>0.0040</b> | 0.5925        |
| N*P*O   | 8  | 0.5853        | <b>0.0091</b>              | 0.5923        | 0.7930         | 0.7850        | 0.7897        | 0.1245        | 0.3285        | 0.4295        | 0.4230        |
| V       | 1  | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b>              | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b>  | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> |
| N*V     | 2  | 0.7292        | 0.6926                     | 0.1151        | <b>0.0445</b>  | 0.0647        | <b>0.0378</b> | 0.4182        | 0.1487        | 0.4282        | 0.6415        |
| P*V     | 2  | 0.6365        | 0.1613                     | <b>0.0149</b> | 0.2027         | 0.0761        | <b>0.0507</b> | 0.1388        | 0.3615        | 0.0805        | 0.4617        |
| N*P*V   | 4  | 0.9512        | 0.4105                     | 0.5531        | 0.6419         | 0.3290        | 0.1304        | 0.5494        | 0.7777        | 0.4802        | 0.9799        |
| O*V     | 2  | 0.2185        | 0.0665                     | <b>0.0378</b> | 0.8526         | 0.6165        | 0.6360        | 0.5754        | <b>0.0373</b> | 0.8307        | 0.2322        |
| N*O*V   | 4  | 0.7194        | 0.9925                     | 0.7684        | 0.8207         | 0.9746        | 0.4837        | 0.6437        | 0.4191        | 0.5330        | 0.5923        |
| P*O*V   | 4  | 0.9401        | 0.4726                     | 0.1008        | 0.9289         | 0.8507        | 0.2997        | 0.1799        | 0.1963        | 0.1997        | 0.9804        |
| N*P*O*V | 8  | 0.2819        | 0.1660                     | 0.5157        | 0.6129         | 0.7188        | 0.6246        | 0.6641        | 0.7225        | 0.3331        | 0.2890        |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la  $H_0$ , **GL:** grados de libertad, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son estadísticamente significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 50A.** Análisis de varianza de los factores simples y las interacciones sobre variables de crecimiento y de cosecha en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O) sobre los cultivares (V) 'Mentón' y 'Brunelo' de *Lilium* híbrido Asiático.

| FUENTE  | GL | Pr>F<br>PLANTA             |               |               |               |               |               |               |               |               |               |        |               |               |               |               |               |
|---------|----|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|         |    | PSP                        | PFP           | DM3           | DB3           | DFLO          | LT4           | LI4           | LP            | DB4           | DM4           | BD4    | BA4           | LB4           | CB4           | PFB4          | PSB4          |
| N       | 2  | <b>0.0273</b> <sup>1</sup> | 0.1904        | <b>0.0082</b> | 0.4639        | 0.2668        | 0.3833        | 0.8999        | 0.4854        | <b>0.0013</b> | <b>0.0209</b> | 0.3191 | 0.4049        | 0.0648        | 0.9562        | 0.5462        | 0.4041        |
| P       | 2  | <b>0.0265</b>              | 0.4617        | 0.6418        | 0.1441        | 0.6185        | 0.6299        | 0.0855        | 0.3055        | 0.4295        | 0.5388        | 0.8469 | 0.8652        | 0.1922        | 0.9199        | 0.7768        | 0.6011        |
| N*P     | 4  | 0.4905                     | 0.1238        | 0.4992        | 0.5232        | 0.8840        | 0.7081        | 0.2101        | 0.5872        | 0.2203        | 0.2604        | 0.2091 | 0.6439        | 0.2560        | 0.2482        | 0.4426        | 0.7096        |
| O       | 2  | 0.6532                     | 0.7228        | 0.7072        | 0.0935        | 0.2043        | 0.2065        | 0.4933        | 0.2651        | <b>0.0260</b> | 0.8685        | 0.6891 | 0.7142        | 0.1732        | 0.7236        | 0.4516        | 0.2156        |
| N*O     | 4  | 0.2933                     | 0.9303        | <b>0.0461</b> | 0.3433        | 0.1960        | 0.7042        | 0.4453        | 0.9545        | 0.1552        | 0.4315        | 0.9209 | 0.3276        | 0.3000        | 0.1371        | 0.3394        | 0.7744        |
| P*O     | 4  | <b>0.0393</b>              | <b>0.0326</b> | 0.4476        | 0.0809        | 0.4341        | 0.5249        | 0.1316        | 0.4230        | 0.3027        | 0.2596        | 0.9966 | 0.5943        | 0.1267        | <b>0.0251</b> | 0.1046        | 0.1026        |
| N*P*O   | 8  | 0.5410                     | 0.3148        | <b>0.0417</b> | <b>0.0007</b> | 0.5013        | 0.8081        | 0.3430        | 0.9415        | <b>0.0435</b> | 0.8936        | 0.0698 | 0.1512        | 0.8763        | <b>0.0038</b> | <b>0.0495</b> | 0.1163        |
| V       | 1  | <b>0.0001</b>              | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0573</b> | <b>0.0126</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | 0.3500 | <b>0.0001</b> | <b>0.0001</b> | 0.1804        | 0.2921        | <b>0.0001</b> |
| N*V     | 2  | 0.4124                     | 0.3548        | 0.6366        | 0.4600        | 0.7443        | 0.8998        | 0.9208        | 0.9233        | 0.0978        | 0.5364        | 0.2581 | 0.4589        | 0.8088        | 0.4062        | 0.9562        | 0.5283        |
| P*V     | 2  | 0.2846                     | 0.3595        | 0.3957        | 0.2734        | 0.2993        | 0.5268        | 0.9325        | 0.7123        | 0.8836        | 0.8339        | 0.6797 | 0.1269        | 0.1803        | 0.5010        | 0.5693        | 0.9526        |
| N*P*V   | 4  | 0.2513                     | 0.4686        | 0.8244        | 0.3234        | 0.0694        | 0.9198        | 0.6548        | 0.8563        | 0.7809        | 0.8734        | 0.3773 | <b>0.0582</b> | 0.3617        | 0.3977        | 0.6423        | 0.3155        |
| O*V     | 2  | 0.7460                     | 0.7142        | 0.8294        | 0.6159        | 0.9378        | 0.5412        | 0.3287        | 0.3888        | 0.3530        | 0.1930        | 0.9862 | 0.4589        | 0.1738        | 0.2614        | 0.1759        | 0.9451        |
| N*O*V   | 4  | 0.8404                     | 0.9861        | 0.7017        | 0.6023        | 0.9294        | 0.7412        | 0.9953        | 0.9117        | 0.1177        | 0.9395        | 0.5142 | 0.6837        | 0.7656        | 0.4145        | 0.1422        | 0.7623        |
| P*O*V   | 4  | 0.3255                     | 0.4336        | 0.6003        | 0.8799        | 0.8934        | 0.9705        | 0.6882        | 0.9919        | 0.3648        | 0.3765        | 0.7258 | 0.2646        | 0.1238        | 0.0802        | 0.0751        | 0.2667        |
| N*P*O*V | 8  | 0.5370                     | 0.6814        | 0.8915        | 0.9699        | 0.5760        | 0.8532        | 0.3729        | 0.8859        | 0.3279        | 0.5065        | 0.6356 | 0.1954        | 0.6239        | 0.1172        | 0.9684        | 0.7315        |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la  $H_0$ , **GL:** Grados de libertad, **PSP:** Peso seco de planta, **PFP:** Peso fresco de planta, **DM:** Diametro medio del tallo, **DB:** Diametro basal del tallo, **DFLO:** Días a floración, **LT:** Longitud de tallo, **LI:** Longitud de inflorescencia, **LP:** Longitud de planta, **BD:** Botones desarrollados, **LB:** Longitud de botón, **CB:** Calibre de bulbo, **PFB:** Peso fresco de bulbo, **PSB:** Peso seco de bulbo, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son estadísticamente significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 51A.** Análisis de varianza de efectos significativos de los factores simples e interacciones sobre las variables de extracción de nutrientes, de crecimiento y de cosecha en un experimento factorial con tres niveles de  $H_2PO_4^-$  (P), tres de  $N-NH_4^+$  (N) y tres de potencial osmótico (O), en los cultivares (V) 'Mentón' y 'Brunelo' de *Lilium* híbrido Asiático.

| VAR. | FACTORES E INTERACCIONES SIGNIFICATIVAS |        |        |        |                   |                   |
|------|---|--------|--------|--------|-------------------|-------------------|
|      | FACTOR SIMPLE                           |        |        |        | INTERACCION DOBLE | INTERACCION TRIPE |
|      | P                                       | N      | O      | V      |                   |                   |
| N    |   |        |        | 0.0001 |                   |                   |
| P    | 0.0047                                  | 0.0001 |        | 0.0001 | P*O=0.0113        | N*P*O=0.0091      |
| K    | 0.0003                                  |        | 0.0155 | 0.0001 | P*O=0.0113        | N*P*O=0.0091      |
| Ca   | 0.0010                                  |        |        | 0.0001 | N*V=0.0445        |                   |
| Mg   | 0.0007                                  | 0.0006 |        | 0.0001 | P*O=0.0103        |                   |
| B    | 0.0003                                  | 0.0158 |        | 0.0001 | P*O=0.0003        |                   |
|      |   |        |        |        | N*V=0.0378        |                   |
|      |   |        |        |        | P*V=0.0507        |                   |
| Cu   | 0.0001                                  | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | N*O=0.0027        |                   |
|      |   |        |        |        | P*O=0.0095        |                   |
| Fe   | 0.0172                                  | 0.0231 | 0.0033 | 0.0001 | O*V=0.0373        |                   |
| Mn   | 0.0001                                  | 0.0001 |        | 0.0001 | N*O=0.0500        |                   |
|      |   |        |        |        | P*O=0.0040        |                   |
| Zn   |   | 0.0484 | 0.0177 | 0.0001 |                   |                   |
| PSP  | 0.0265                                  | 0.0273 |        | 0.0001 | P*O=0.0393        |                   |
| PFP  |   |        |        | 0.0001 | P*O=0.0326        |                   |
| DM3  |   | 0.0082 |        | 0.0001 | N*O=0.0461        | N*P*O=0.0417      |
| DB3  |   |        |        | 0.0001 |                   | N*P*O=0.0007      |
| DFLO |   |        |        | 0.0001 |                   |                   |
| LT4  |   |        |        | 0.0001 |                   |                   |
| LI4  |   |        |        | 0.0573 |                   |                   |
| LP   |   |        |        | 0.0126 |                   |                   |
| DB4  | 0.0260                                  | 0.0013 |        | 0.0001 |                   | N*P*O=0.0435      |
| DM4  |   | 0.0209 |        | 0.0001 |                   |                   |
| BD4  | -----                                   | --     | --     | ---    | -----             | -----             |
| BA4  |   |        |        | 0.0001 |                   | N*P*V=0.0582      |
| LB4  |   |        |        | 0.0001 |                   |                   |
| CB4  |   |        |        |        | P*O=0.0251        | N*P*O=0.0038      |
| PFB4 |   |        |        |        |                   | N*P*O=0.0495      |
| PSB4 |   |        |        | 0.0001 |                   |                   |

**PSP:** Peso seco de planta, **PFP:** Peso fresco de planta, **DM:** Diámetro medio del tallo, **DB:** Diámetro basal del tallo, **DFLO:** Días a floración, **LT:** Longitud de tallo, **LI:** Longitud de inflorescencia, **BD:** Botones desarrollados, **BA:** Botones abortados, **LB:** Longitud de botón, **CB:** Calibre de bulbo, **PFB:** Peso fresco de bulbo, **PSB:** Peso seco de bulbo.

**Cuadro 52A.** Análisis de varianza sobre la extracción de nutrimentos en planta de *Lilium* híbrido Asiático, 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| FUENTE | GL | Pr>F                      |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|--------|----|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|        |    | N                         | P             | K             | PLANTA        |               | B             | Cu            | Fe            | Mn            | Zn            |
|        |    |                           |               |               | Ca            | Mg            |               |               |               |               |               |
| N      | 2  | <b>0.0172<sup>1</sup></b> | <b>0.0020</b> | <b>0.0084</b> | <b>0.0077</b> | <b>0.0039</b> | <b>0.0040</b> | <b>0.0003</b> | <b>0.0016</b> | <b>0.0001</b> | <b>0.0014</b> |
| P      | 2  | 0.7884                    | 0.4858        | C             | 0.1266        | 0.1902        | <b>0.0361</b> | 0.0997        | 0.1100        | <b>0.0310</b> | 0.4033        |
| N*P    | 4  | 0.8574                    | 0.7523        | 0.2843        | 0.1113        | 0.1606        | <b>0.0333</b> | 0.7199        | 0.5024        | 0.1387        | 0.7011        |
| O      | 2  | 0.8320                    | 0.2268        | 0.2022        | 0.3614        | 0.1302        | 0.2750        | <b>0.0009</b> | <b>0.0078</b> | <b>0.0585</b> | 0.1075        |
| N*O    | 4  | 0.8310                    | 0.7240        | 0.5637        | 0.7224        | 0.9015        | 0.9473        | <b>0.0335</b> | <b>0.0152</b> | 0.4553        | 0.3714        |
| P*O    | 4  | 0.2686                    | 0.0623        | <b>0.0345</b> | 0.1462        | 0.1128        | 0.1017        | 0.2645        | 0.0928        | 0.5101        | 0.2343        |
| N*P*O  | 8  | 0.3793                    | 0.1659        | 0.4277        | 0.6861        | 0.8772        | 0.6732        | 0.3362        | 0.5901        | 0.3392        | 0.8619        |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la  $H_0$ ,  
**GL:** Grados de libertad, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son estadísticamente significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 53A.** Análisis de varianza sobre variables de crecimiento y de cosecha en *Lilium* híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| FUENTE | GL | Pr>F                       |               |               |   |        |        |        |        |               |               |        |        |        |               |        |               |
|--------|----|----------------------------|---------------|---------------|---|--------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|--------|---------------|
|        |    | PSP                        | PFP           | DM3           | VAR. DE CRECIM., PESO SECO Y FRESCO DE PLANTA Y BULBO |        |        |        |        |               |               |        |        |        |               |        |               |
|        |    |                            |               |               | DB3   | DFLO   | LT4    | LI4    | LP     | DB4           | DM4           | BD4    | BA4    | LB4    | CB4           | PFB4   | PSB4          |
| N      | 2  | <b>0.0036</b> <sup>1</sup> | <b>0.0142</b> | <b>0.0427</b> | 0.2329  | 0.2043 | 0.8015 | 0.7991 | 0.7843 | 0.1729        | <b>0.0386</b> | 0.9357 | 0.5714 | 0.5026 | 0.6847        | 0.8590 | 0.9390        |
| P      | 2  | 0.4333                     | 0.7037        | 0.4802        | 0.5425  | 0.7877 | 0.9931 | 0.1827 | 0.8983 | 0.5951        | 0.9016        | 0.9357 | 0.0843 | 0.9832 | 0.6089        | 0.7355 | 0.8317        |
| N*P    | 4  | 0.1443                     | 0.5133        | 0.4722        | 0.2810  | 0.2595 | 0.9102 | 0.3813 | 0.7686 | 0.2472        | 0.6801        | 0.8968 | 0.2515 | 0.5041 | 0.4725        | 0.4462 | 0.3314        |
| O      | 2  | 0.3649                     | 0.8978        | 0.8983        | 0.4267  | 0.4345 | 0.4138 | 0.9520 | 0.5236 | <b>0.0277</b> | 0.6101        | 0.6321 | 0.3811 | 0.9886 | 0.6889        | 0.5526 | 0.2646        |
| N*O    | 4  | 0.8221                     | 0.7496        | 0.3288        | 0.7163  | 0.5167 | 0.6253 | 0.5377 | 0.9217 | 0.2763        | 0.4845        | 0.8302 | 0.8368 | 0.9281 | 0.9076        | 0.4206 | 0.8825        |
| P*O    | 4  | 0.0822                     | 0.0683        | 0.6456        | 0.1517  | 0.9616 | 0.8339 | 0.7534 | 0.8093 | 0.5831        | 0.9127        | 0.6207 | 0.6856 | 0.9362 | <b>0.0177</b> | 0.0871 | <b>0.0240</b> |
| N*P*O  | 8  | 0.3218                     | 0.2860        | 0.2891        | <b>0.0454</b>   | 0.2505 | 0.9901 | 0.3687 | 0.9752 | <b>0.0114</b> | 0.7780        | 0.7955 | 0.9765 | 0.6582 | <b>0.0557</b> | 0.6902 | 0.6999        |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la  $H_0$ , **GL:** Grados de libertad, **PSP:** Peso seco de planta, **PFP:** Peso fresco de planta, **DM:** Diámetro medio del tallo, **DB:** Diámetro basal del tallo, **DFLO:** Días a floración, **LT:** Longitud de tallo, **LI:** Longitud de inflorescencia, **BD:** Botones desarrollados, **BA:** Botones abortados, **LB:** Longitud de botón, **CB:** Calibre de bulbo, **PFB:** Peso fresco de bulbo, **PSB:** Peso seco de bulbo, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son estadísticamente significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 54A.** Análisis de varianza sobre la extracción de nutrientes en planta de *Lilium* híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| FUENTE | GL | Pr>F<br>PLANTA |                           |               |               |               |               |               |               |               |        |
|--------|----|----------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------|
|        |    | N              | P                         | K             | Ca            | Mg            | B             | Cu            | Fe            | Mn            | Zn     |
| N      | 2  | 0.4108         | <b>0.0336<sup>1</sup></b> | 0.7818        | 0.4790        | <b>0.0127</b> | 0.1268        | <b>0.0547</b> | 0.1891        | <b>0.0085</b> | 0.4180 |
| P      | 2  | 0.5233         | <b>0.0075</b>             | <b>0.0014</b> | <b>0.0071</b> | <b>0.0026</b> | <b>0.0021</b> | <b>0.0008</b> | 0.0760        | <b>0.0016</b> | 0.2636 |
| N*P    | 4  | 0.9941         | 0.5302                    | 0.7143        | 0.9256        | 0.8608        | 0.5864        | 0.2417        | 0.8416        | 0.2958        | 0.9355 |
| O      | 2  | 0.1962         | 0.2199                    | <b>0.0195</b> | 0.9234        | 0.3364        | 0.5723        | <b>0.0042</b> | <b>0.0175</b> | 0.5076        | 0.0669 |
| N*O    | 4  | 0.4538         | 0.6874                    | 0.3809        | 0.4451        | 0.7858        | 0.1821        | 0.0768        | 0.4615        | 0.1445        | 0.3439 |
| P*O    | 4  | 0.3472         | 0.1134                    | <b>0.0077</b> | 0.4818        | 0.1275        | <b>0.0044</b> | <b>0.0203</b> | 0.1427        | <b>0.0192</b> | 0.9047 |
| N*P*O  | 8  | 0.4431         | <b>0.0302</b>             | 0.5957        | 0.7098        | 0.6720        | 0.7281        | 0.3307        | 0.4953        | 0.4117        | 0.3173 |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la  $H_0$ , **GL:** Grados de libertad, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son estadísticamente significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 55A.** Análisis de varianza sobre variables de crecimiento y de cosecha en *Lilium* híbrido Asiático, ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| FUENTE | GL | Pr>F          |        |        |        |        |        |        |        |                            |        |        |        |               |               |        |        |
|--------|----|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|
|        |    | PSP           | PFP    | DM3    | DB3    | DFLO   | LT4    | LI4    | LP     | DB4                        | DM4    | BD4    | BA4    | LB4           | CB4           | PFB4   | PSB4   |
| N      | 2  | 0.5694        | 0.9503 | 0.1240 | 0.6371 | 0.7537 | 0.3391 | 0.9984 | 0.5204 | <b>0.0084</b> <sup>1</sup> | 0.3017 | 0.2211 | 0.4220 | 0.0782        | 0.5735        | 0.5581 | 0.2991 |
| P      | 2  | <b>0.0539</b> | 0.3414 | 0.5328 | 0.1399 | 0.3033 | 0.2264 | 0.3884 | 0.1736 | 0.6228                     | 0.5201 | 0.7194 | 0.4010 | <b>0.0238</b> | 0.7510        | 0.5748 | 0.7115 |
| N*P    | 4  | 0.5162        | 0.2007 | 0.8355 | 0.5008 | 0.3195 | 0.6372 | 0.4010 | 0.6445 | 0.5116                     | 0.3973 | 0.2107 | 0.2174 | 0.1541        | 0.2328        | 0.7119 | 0.6279 |
| O      | 2  | 0.9074        | 0.6827 | 0.6701 | 0.1941 | 0.4411 | 0.2388 | 0.2324 | 0.1583 | 0.1442                     | 0.2924 | 0.8849 | 0.6067 | <b>0.0205</b> | 0.2952        | 0.1134 | 0.6536 |
| N*O    | 4  | 0.4338        | 0.9984 | 0.1420 | 0.3821 | 0.4621 | 0.9023 | 0.8840 | 0.9506 | 0.1299                     | 0.8669 | 0.6865 | 0.4530 | 0.1549        | 0.0689        | 0.0959 | 0.6899 |
| P*O    | 4  | 0.1562        | 0.1796 | 0.4361 | 0.4258 | 0.4716 | 0.6188 | 0.1731 | 0.5751 | 0.3003                     | 0.1103 | 0.9491 | 0.3851 | <b>0.0070</b> | 0.1720        | 0.1349 | 0.6744 |
| N*P*O  | 8  | 0.6522        | 0.5833 | 0.2646 | 0.0705 | 0.7931 | 0.3665 | 0.3788 | 0.7399 | 0.2803                     | 0.6409 | 0.1805 | 0.1487 | 0.8827        | <b>0.0234</b> | 0.0895 | 0.1994 |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la  $H_0$ : Grados de libertad, **PSP:** Peso seco de planta, **PFP:** Peso fresco de planta, **DM:** Diámetro medio del tallo, **DB:** Diámetro basal del tallo, **DFLO:** Días a floración, **LT:** Longitud de tallo, **LI:** Longitud de inflorescencia, **BD:** Botones desarrollados, **BA:** Botones abortados **LB:** Longitud de botón, **CB:** Calibre de bulbo, **PFB:** Peso fresco de bulbo, **PSB:** Peso seco de bulbo, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son estadísticamente significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 56A.** Análisis de varianza de los efectos significativos de los factores simples e interacciones sobre la extracción de nutrimentos en planta de *Lilium* híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| VARIABLE | FACTOR SIMPLE | INTERACCION DOBLE | INTERACCION TRIPE |
|----------|---------------|-------------------|-------------------|
| N        | N=0.0172      |                   |                   |
| P        | N=0.0020      |                   |                   |
| K        | N=0.0084      | P*O=0.0345        |                   |
| Ca       | N=0.0077      |                   |                   |
| Mg       | N=0.0039      |                   |                   |
| B        | N=0.0040      | N*P=0.0333        |                   |
|          | P=0.0361      |                   |                   |
| Cu       | N=0.0003      | N*O=0.0335        |                   |
|          | O=0.0009      |                   |                   |
| Fe       | N=0.0016      | N*O=0.0152        |                   |
|          | O=0.0078      |                   |                   |
| Mn       | N=0.0001      |                   |                   |
|          | P=0.0310      |                   |                   |
|          | O=0.0585      |                   |                   |
| Zn       | N=0.0014      |                   | -----             |

**Cuadro 57A.** Análisis de varianza de los efectos significativos de factores simples e interacciones sobre la extracción de nutrimentos en planta de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| VARIABLE | FACTOR SIMPLE | INTERACCION DOBLE | INTERACCION TRIPE |
|----------|---------------|-------------------|-------------------|
| N        |               |                   | -----             |
| P        | N=0.0336      | -----             | N*P*O=0.0302      |
|          | P=0.0075      |                   |                   |
| K        | P=0.0014      | P*O=0.0077        | N*P*O=0.0132      |
|          | O=0.0195      |                   |                   |
| Ca       | P=0.0071      | -----             | -----             |
| Mg       | N=0.0127      | -----             |                   |
|          | P=0.0026      |                   |                   |
| B        | P=0.0021      | P*O=0.0044        | -----             |
| Cu       | N=0.0547      | P*O=0.0203        | -----             |
|          | P=0.0008      |                   |                   |
|          | O=0.0042      |                   |                   |
| Fe       | O=0.0175      | -----             | -----             |
| Mn       | N=0.0085      | P*O=0.0192        | -----             |
|          | P=0.0016      |                   |                   |
| Zn       | -----         | -----             | -----             |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la  $H_0$

**Cuadro 58A.** Análisis de varianza sobre la concentración de nutrimentos en planta de *Lilium* Híbrido asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| FUENTE | GL | Pr>F<br>PLANTA             |               |               |        |               |        |               |               |               |               |
|--------|----|----------------------------|---------------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|        |    | N                          | P             | K             | Ca     | Mg            | B      | Cu            | Fe            | Mn            | Zn            |
| N      | 2  | <b>0.0007</b> <sup>1</sup> | <b>0.0500</b> | <b>0.0413</b> | 0.2090 | <b>0.0251</b> | 0.1926 | <b>0.0040</b> | 0.4196        | <b>0.0001</b> | <b>0.0134</b> |
| P      | 2  | 0.3341                     | <b>0.0148</b> | 0.1432        | 0.4013 | 0.5160        | 0.2717 | 0.2266        | <b>0.0416</b> | 0.0682        | 0.1862        |
| N*P    | 4  | <b>0.0014</b>              | 0.0632        | 0.4886        | 0.6999 | 0.6836        | 0.1929 | 0.8590        | 0.5338        | 0.7651        | <b>0.0409</b> |
| O      | 2  | <b>0.0051</b>              | 0.0799        | <b>0.0437</b> | 0.4466 | 0.2371        | 0.8451 | <b>0.0145</b> | 0.1371        | 0.0994        | <b>0.0020</b> |
| N*O    | 4  | 0.1862                     | <b>0.0003</b> | <b>0.0066</b> | 0.5439 | 0.2658        | 0.6830 | <b>0.0148</b> | <b>0.0024</b> | <b>0.0343</b> | <b>0.0551</b> |
| P*O    | 4  | 0.5704                     | <b>0.0237</b> | 0.1078        | 0.9069 | 0.4488        | 0.4851 | 0.3507        | 0.5809        | 0.9232        | 0.1581        |
| N*P*O  | 8  | 0.0764                     | <b>0.0013</b> | 0.5616        | 0.8441 | 0.9027        | 0.3565 | 0.3753        | 0.3060        | 0.1723        | <b>0.0114</b> |

Pr>F: probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la Ho, GL: Grados de libertad, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son estadísticamente significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 59A.** Análisis de varianza sobre la concentración de nutrimentos en planta de *Lilium* híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| FUENTE | GL | Pr>F<br>PLANTA |        |               |               |                            |               |               |               |               |               |
|--------|----|----------------|--------|---------------|---------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|        |    | N              | P      | K             | Ca            | Mg                         | B             | Cu            | Fe            | Mn            | Zn            |
| N      | 2  | 0.5380         | 0.4669 | 0.2460        | 0.6005        | <b>0.0042</b> <sup>1</sup> | 0.1336        | <b>0.0303</b> | 0.5867        | <b>0.0009</b> | 0.9551        |
| P      | 2  | 0.8663         | 0.1984 | 0.1463        | <b>0.0074</b> | <b>0.0086</b>              | <b>0.0139</b> | 0.0749        | 0.8527        | <b>0.0134</b> | 0.3048        |
| N*P    | 4  | 0.4779         | 0.7282 | 0.5513        | 0.8214        | 0.2664                     | 0.3775        | 0.7026        | 0.9229        | 0.5650        | 0.0735        |
| O      | 2  | 0.0866         | 0.1193 | <b>0.0002</b> | 0.4531        | 0.4196                     | 0.3279        | <b>0.0007</b> | <b>0.0098</b> | 0.5166        | <b>0.0059</b> |
| N*O    | 4  | 0.2476         | 0.4357 | 0.9073        | 0.2091        | 0.8218                     | <b>0.0415</b> | <b>0.0515</b> | 0.2033        | <b>0.0084</b> | 0.2358        |
| P*O    | 4  | 0.3789         | 0.6736 | <b>0.0428</b> | 0.5049        | 0.3312                     | <b>0.0077</b> | 0.1478        | 0.1943        | <b>0.0182</b> | 0.5671        |
| N*P*O  | 8  | <b>0.0220</b>  | 0.4338 | 0.5619        | 0.4949        | 0.8232                     | 0.1890        | 0.4010        | 0.1699        | 0.0670        | 0.0609        |

Pr>F: probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de la Ho, <sup>1</sup>: Valores marcados en negritas son estadísticamente significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 60A.** Análisis de varianza de los efectos significativos de los factores simples e interacciones sobre la concentración de nutrimentos en planta de *Lilium* híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de  $H_2PO_4^-$  (P), tres de  $N-NH_4^+$  (N) y tres de potencial osmótico (O) .

| VARIABLE | FACTOR SIMPLE        | Pr>F<br>INTERACCION<br>DOBLE | INTERACCION TRIPE |
|----------|----------------------|------------------------------|-------------------|
| N        | N=0.0007<br>O=0.0051 | N*P=0.0014                   |                   |
| P        | N=0.0500<br>P=0.0148 | N*O=0.0003<br>P*O=0.0237     | N*P*O=0.0013      |
| K        | N=0.0413<br>O=0.0437 | N*O=0.0066                   |                   |
| Ca       | -----                | -----                        | -----             |
| Mg       | N=0.0251             | -----                        | -----             |
| B        | -----                | -----                        | -----             |
| Cu       | N=0.0040<br>O=0.0145 | N*O=0.0148                   | -----             |
| Fe       | P=0.0416             | N*O=0.0024                   | -----             |
| Mn       | N=0.0001             | N*O=0.0343                   |                   |
| Zn       | N=0.0134<br>O=0.0020 | N*P=0.0409<br>N*O=0.0551     | N*P*O=0.0114      |

**Pr>F:** probabilidad a partir del cual F se encuentra o no en la región de rechazo de  $H_0$ .

**Cuadro 61A.** Análisis de varianza de efectos significativos de los factores simples e interacciones sobre la concentración de nutrimentos en *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de  $H_2PO_4^-$  (P), tres de  $N-NH_4^+$  (N) y tres de potencial osmótico (O).

| VARIABLE | FACTOR SIMPLE        | INTERACCION DOBLE        | INTERACCION TRIPE |
|----------|----------------------|--------------------------|-------------------|
| N        |                      |                          | N*P*O=0.0220      |
| P        | -----                | -----                    | -----             |
| K        | O=0.0002             | P*O=0.0428               | -----             |
| Ca       | P=0.0074             | -----                    | -----             |
| Mg       | N=0.0042<br>P=0.0086 | -----                    | -----             |
| B        | P=0.0139             | N*O=0.0415<br>P*O=0.0077 | -----             |
| Cu       | N=0.0303<br>O=0.0007 | N*O=0.0515               | -----             |
| Fe       | O=0.0098             | -----                    | -----             |
| Mn       | N=0.0009<br>P=0.0134 | N*O=0.0084<br>P*O=0.0182 | -----             |
| Zn       | O=0.0059             | -----                    | -----             |

**Cuadro 62A.** Pruebas de Tukey de la concentración de nutrimentos en planta de *Lilium* híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR   | CONCENTRACION DE LA PLANTA DE MENTON |                         |                         |                          |                          |                          |                           |                           |                           |                           |
|--------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                    | N<br>g kg <sup>-1</sup>              | P<br>g kg <sup>-1</sup> | K<br>g kg <sup>-1</sup> | Ca<br>g kg <sup>-1</sup> | Mg<br>g kg <sup>-1</sup> | B<br>mg kg <sup>-1</sup> | Cu<br>mg kg <sup>-1</sup> | Fe<br>mg kg <sup>-1</sup> | Mn<br>mg kg <sup>-1</sup> | Zn<br>mg kg <sup>-1</sup> |
| N(%) <sup>1</sup>  |                                      |                         |                         |                          |                          |                          |                           |                           |                           |                           |
| 0.0                | 7.2667 b <sup>3</sup>                | 1.4111 a                | 9.5389 a                | 2.1889 a                 | 1.7333 b                 | 473.65 a                 | 17.878 b                  | 287.36 a                  | 56.056 b                  | 175.461 b                 |
| 12.5               | 7.7111 ab                            | 1.4888 a                | 9.2222 ab               | 2.2500 a                 | 1.8722 ab                | 504.85 a                 | 21.461 ab                 | 310.54 a                  | 76.167 a                  | 185.644 ab                |
| 25.0               | 8.0944 a                             | 1.5000 a                | 9.0111 b                | 2.0556 a                 | 1.9556 a                 | 521.79 a                 | 25.789 a                  | 313.96 a                  | 74.906 a                  | 192.556 a                 |
| DSH                | 0.4687                               | 0.0927                  | 0.4914                  | 0.2706                   | 0.1912                   | 64.698                   | 5.3152                    | 53.567                    | 7.2819                    | 13.374                    |
| P (%) <sup>2</sup> |                                      |                         |                         |                          |                          |                          |                           |                           |                           |                           |
| 80                 | 7.5278 a                             | 1.4000 b                | 9.0278 a                | 2.1667 a                 | 1.8278 a                 | 499.81 a                 | 19.933 a                  | 272.93 b                  | 65.628 a                  | 179.117 a                 |
| 120                | 7.7944 a                             | 1.4889 ab               | 9.4111 a                | 2.2389 a                 | 1.9056 a                 | 521.82 a                 | 23.711 a                  | 308.72 ab                 | 72.767 a                  | 185.306 a                 |
| 160                | 7.7500 a                             | 1.5111 a                | 9.3333 a                | 2.0889 a                 | 1.8278 a                 | 478.66 a                 | 21.483 a                  | 330.21 a                  | 68.733 a                  | 189.239 a                 |
| DSH                | 0.4687                               | 0.0927                  | 0.4914                  | 0.2706                   | 0.1912                   | 64.698                   | 5.3152                    | 53.567                    | 7.2819                    | 13.374                    |
| O (KPa)            |                                      |                         |                         |                          |                          |                          |                           |                           |                           |                           |
| -30                | 7.3111 b                             | 1.4500 a                | 9.0278 b                | 2.0889 a                 | 1.9056 a                 | 508.77 a                 | 19.361 b                  | 321.11 a                  | 70.68 a                   | 192.750 a                 |
| -50                | 7.7944 a                             | 1.4333 a                | 9.2000 ab               | 2.1778 a                 | 1.7778 a                 | 496.87 a                 | 20.183 b                  | 278.68 a                  | 65.25 a                   | 188.467 a                 |
| -70                | 7.9667 a                             | 1.5167 a                | 9.5444 a                | 2.2278 a                 | 1.8778 a                 | 494.65 a                 | 25.583 a                  | 312.07 a                  | 71.20 a                   | 172.444 b                 |
| DSH                | 0.4687                               | 0.0927                  | 0.4914                  | 0.2706                   | 0.1912                   | 64.698                   | 5.3152                    | 53.567                    | 7.2819                    | 13.374                    |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta.

**Cuadro 63A.** Pruebas de Tukey sobre la concentración de nutrimentos en planta de *Lilium* híbrido Asiático ‘Brunelo’ en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR   | CONCENTRACION DE LA PLANTA DE BRUNELO |                         |                         |                          |                          |                          |                           |                           |                           |                           |
|--------------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                    | N<br>g kg <sup>-1</sup>               | P<br>g kg <sup>-1</sup> | K<br>g kg <sup>-1</sup> | Ca<br>g kg <sup>-1</sup> | Mg<br>g kg <sup>-1</sup> | B<br>mg kg <sup>-1</sup> | Cu<br>mg kg <sup>-1</sup> | Fe<br>mg kg <sup>-1</sup> | Mn<br>mg kg <sup>-1</sup> | Zn<br>mg kg <sup>-1</sup> |
| N(%) <sup>1</sup>  |                                       |                         |                         |                          |                          |                          |                           |                           |                           |                           |
| 0.0                | 6.6389 a <sup>3</sup>                 | 1.4833 a                | 11.7333 a               | 1.8777 a                 | 1.5222 b                 | 496.99 a                 | 20.572 b                  | 319.99 a                  | 74.661 b                  | 175.51 a                  |
| 12.5               | 6.8500 a                              | 1.5666 a                | 11.1000 a               | 1.7944 a                 | 1.6277 ab                | 477.45 a                 | 25.117 a                  | 329.24 a                  | 90.183 a                  | 178.46 a                  |
| 25.0               | 6.8110 a                              | 1.5444 a                | 11.0778 a               | 1.8722 a                 | 1.7944 a                 | 510.06 a                 | 21.611 ab                 | 345.93 a                  | 87.878 a                  | 177.74 a                  |
| DSH                | 0.4946                                | 0.1709                  | 1.0737                  | 0.2266                   | 0.1855                   | 39.06                    | 4.1795                    | 62.518                    | 9.7156                    | 25.197                    |
| P (%) <sup>2</sup> |                                       |                         |                         |                          |                          |                          |                           |                           |                           |                           |
| 80                 | 6.7889 a                              | 1.4666 a                | 11.1500 a               | 1.8222 ab                | 1.6111 ab                | 465.99 b                 | 23.317 a                  | 323.64 a                  | 83.67 ab                  | 185.70 a                  |
| 120                | 6.8056 a                              | 1.5333 a                | 11.8000 a               | 2.0166 a                 | 1.7889 a                 | 509.63 a                 | 23.856 a                  | 337.18 a                  | 90.75 a                   | 176.23 a                  |
| 160                | 6.7056 a                              | 1.5944 a                | 10.9611 a               | 1.7055 b                 | 1.5444 b                 | 508.88 a                 | 20.128 a                  | 334.34 a                  | 78.30 b                   | 169.78 a                  |
| DSH                | 0.4946                                | 0.1709                  | 1.0737                  | 0.2266                   | 0.1855                   | 39.06                    | 4.1795                    | 62.518                    | 9.7156                    | 25.197                    |
| O (KPa)            |                                       |                         |                         |                          |                          |                          |                           |                           |                           |                           |
| -30                | 6.5278 a                              | 1.45 a                  | 10.117 b                | 1.789 a                  | 1.60 a                   | 481.56 a                 | 20.422 b                  | 306.97 b                  | 86.200 a                  | 190.84 a                  |
| -50                | 6.9889 a                              | 1.55 a                  | 11.594 a                | 1.906 a                  | 1.64 a                   | 504.95 a                 | 20.178 b                  | 308.14 b                  | 84.783 a                  | 184.01 a                  |
| -70                | 6.7833 a                              | 1.59 a                  | 12.200 a                | 1.850 a                  | 1.70 a                   | 497.99 a                 | 26.700 a                  | 380.06 a                  | 81.739 a                  | 156.86 b                  |
| DSH                | 0.4946                                | 0.1709                  | 1.0737                  | 0.2266                   | 0.1855                   | 39.06                    | 4.1795                    | 62.518                    | 9.7156                    | 25.197                    |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa homesta.

**Cuadro 64A.** Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en planta de *Lilium* híbrido Asiático ‘Mentón’ en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR   | EXTRACCION DE LA PLANTA DE MENTON |           |          |          |           |           |          |           |           |           |
|--------------------|-----------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
|                    | N                                 | P         | K        | Ca       | Mg        | B         | Cu       | Fe        | Mn        | Zn        |
|                    | mg p <sup>-1</sup>                |           |          |          |           |           |          |           |           |           |
| N(%) <sup>1</sup>  |                                   |           |          |          |           |           |          |           |           |           |
| 0.0                | 112.40 b <sup>3</sup>             | 22.883 b  | 157.78 b | 37.089 b | 29.222 b  | 0.7967 b  | 0.0298 b | 0.4903 b  | 0.0954 b  | 0.2925 b  |
| 12.5               | 143.18 a                          | 29.933 a  | 193.67 a | 49.139 a | 40.050 a  | 1.0895 a  | 0.0447 a | 0.6651 a  | 0.1662 a  | 0.3893 a  |
| 25.0               | 138.87 ab                         | 27.278 ab | 165.13 b | 39.050 b | 36.578 ab | 0.9864 ab | 0.0450 a | 0.5644 ab | 0.1412 a  | 0.3503 ab |
| DSH                | 26.842                            | 4.4457    | 27.742   | 9.3593   | 7.4044    | 0.1993    | 0.0093   | 0.1073    | 0.0268    | 0.0586    |
| P (%) <sup>2</sup> |                                   |           |          |          |           |           |          |           |           |           |
| 80                 | 128.13 a                          | 25.656 a  | 169.57 a | 42.244 a | 36.017 a  | 0.9756 ab | 0.0384 a | 0.5277 a  | 0.1304 ab | 0.3378 a  |
| 120                | 135.53 a                          | 27.833 a  | 181.96 a | 45.483 a | 37.650 a  | 1.0577 a  | 0.0445 a | 0.6223 a  | 0.1511 a  | 0.3624 a  |
| 160                | 130.78 a                          | 26.606 a  | 165.06 a | 37.550 a | 32.183 a  | 0.8393 b  | 0.0365 a | 0.5697 a  | 0.1213 b  | 0.3319 a  |
| DSH                | 26.842                            | 4.4457    | 27.742   | 9.3593   | 7.4044    | 0.1993    | 0.0093   | 0.1073    | 0.0268    | 0.0586    |
| O (KPa)            |                                   |           |          |          |           |           |          |           |           |           |
| -30                | 128.20 a                          | 27.539 a  | 174.49 a | 41.267 a | 37.061 a  | 1.0074 a  | 0.0375 b | 0.6293 a  | 0.1404 a  | 0.3740 a  |
| -50                | 131.46 a                          | 24.867 a  | 160.93 a | 39.294 a | 31.667 a  | 0.8825 a  | 0.0332 b | 0.4895 b  | 0.1187 a  | 0.3313 a  |
| -70                | 134.79 a                          | 27.689 a  | 181.16 a | 44.717 a | 37.122 a  | 0.9823 a  | 0.0487 a | 0.6011 a  | 0.1437 a  | 0.3268 a  |
| DSH                | 26.842                            | 4.4457    | 27.742   | 9.3593   | 7.4044    | 0.1993    | 0.0093   | 0.1073    | 0.0268    | 0.0586    |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta.

**Cuadro 65A.** Pruebas de Tukey de la extracción de nutrimentos en planta de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR   | EXTRACCION DE LA PLANTA DE BRUNELO |           |           |          |           |          |           |          |          |          |
|--------------------|------------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
|                    | N                                  | P         | K         | Ca       | Mg        | B        | Cu        | Fe       | Mn       | Zn       |
| N(%) <sup>1</sup>  |                                    |           |           |          |           |          |           |          |          |          |
| 0.0                | 166.21 a <sup>3</sup>              | 39.406 a  | 359.38 a  | 59.289 a | 47.972 b  | 1.5432 a | 0.0594 b  | 0.9579 a | 0.2362 b | 0.5103 a |
| 12.5               | 194.34 a                           | 44.961 a  | 343.67 a  | 58.611 a | 52.139 ab | 1.5346 a | 0.0713 a  | 1.0296 a | 0.2938 a | 0.5685 a |
| 25.0               | 175.07 a                           | 44.778 a  | 351.37 a  | 64.750 a | 60.767 a  | 1.7264 a | 0.0666 ab | 1.1245 a | 0.2992 a | 0.5930 a |
| DSH                | 52.608                             | 5.6352    | 55.2620   | 13.569   | 10.08     | 0.2544   | 0.0117    | 0.2201   | 0.0512   | 0.1569   |
| P (%) <sup>2</sup> |                                    |           |           |          |           |          |           |          |          |          |
| 80                 | 182.77 a                           | 39.428 b  | 325.43 b  | 57.589 b | 49.983 b  | 1.4356 b | 0.0620 b  | 0.9925 a | 0.2618 b | 0.5807 a |
| 120                | 188.08 a                           | 47.178 a  | 404.60 a  | 71.550 a | 62.650 a  | 1.8281 a | 0.0774 a  | 1.1581 a | 0.3237 a | 0.5945 a |
| 160                | 164.77 a                           | 42.539 ab | 324.39 b  | 53.511 b | 48.244 b  | 1.5406 b | 0.0579 b  | 0.9614 a | 0.2437 b | 0.4966 a |
| DSH                | 52.608                             | 5.6352    | 55.262    | 13.569   | 10.08     | 0.2544   | 0.0117    | 0.2201   | 0.0512   | 0.1569   |
| O (KPa)            |                                    |           |           |          |           |          |           |          |          |          |
| -30                | 174.27 a                           | 40.972 a  | 316.01 b  | 61.350 a | 52.539 a  | 1.580 a  | 0.0599 b  | 0.9601 b | 0.2878 a | 0.6243 a |
| -50                | 200.06 a                           | 45.039 a  | 355.34 ab | 59.633 a | 51.256 a  | 1.561 a  | 0.0616 b  | 0.9572 b | 0.2636 a | 0.5750 a |
| -70                | 161.28 a                           | 43.133 a  | 383.07 a  | 61.667 a | 57.083 a  | 1.664 a  | 0.0758 a  | 1.1947 a | 0.2777 a | 0.4725 a |
| DSH                | 52.608                             | 5.6352    | 55.262    | 13.569   | 10.08     | 0.2544   | 0.0117    | 0.2201   | 0.0512   | 0.1569   |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta.

**Cuadro 66A.** Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en tallo de *Lilium* híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de N-NH<sub>4</sub> (N), tres de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR   | PRUEBAS DE TUKEY DE TALLO DE MENTON |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                              |                        |                              |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |
|--------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|
|                    | NITROGENO                           |                       | FOSFORO                     |                       | POTASIO                     |                       | CALCIO                      |                       | MAGNESIO                    |                       | BORO                         |                        | COBRE                        |                       | FIERRO                       |                       | MANGANESO                    |                       | ZINC                         |                       |
|                    | Concent. g kg <sup>-1</sup>         | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sup>-1</sup> | Ex mg kg <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sup>-1</sup> | Ex μg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sup>-1</sup> | Ex μg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sup>-1</sup> | Ex μg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sup>-1</sup> | Ex μg p <sup>-1</sup> |
| N(%) <sup>1</sup>  |                                     |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                              |                        |                              |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |
| 0.0                | 9.00 a <sup>3</sup>                 | 13.77 b               | 5.05 a                      | 7.74 b                | 20.11 a                     | 30.91 a               | 2.33 a                      | 3.62 a                | 3.00 a                      | 4.46 a                | 38.58 a                      | 59.10 a                | 4.12 b                       | 6.30 b                | 35.63 a                      | 56.60 a               | 2.06 a                       | 3.10 b                | 24.88 a                      | 38.40 b               |
| 12.5               | 8.56 a                              | 15.44 ab              | 5.61 a                      | 10.38 a               | 18.72 a                     | 34.48 a               | 2.28 a                      | 4.29 a                | 3.33 a                      | 6.08 a                | 39.51 a                      | 72.30 a                | 5.38 ab                      | 10.40 a               | 27.49 a                      | 53.40 a               | 2.77 a                       | 5.20 a                | 29.91 a                      | 55.80 a               |
| 25.0               | 10.06 a                             | 17.12 a               | 5.17 a                      | 9.23 ab               | 20.05 a                     | 34.57 a               | 2.00 b                      | 3.59 b                | 3.17 a                      | 5.51 a                | 34.72 a                      | 61.20 a                | 5.72 ab                      | 9.80 ab               | 19.41 a                      | 33.60 a               | 2.46 a                       | 4.40 ab               | 27.49 a                      | 46.30 ab              |
| DSH                | 1.66                                | 3.06                  | 0.61                        | 2.06                  | 1.73                        | 5.80                  | 0.20                        | 0.83                  | 0.65                        | 1.40                  | 10.12                        | 19.30                  | 1.32                         | 3.60                  | 19.47                        | 38.40                 | 0.87                         | 1.80                  | 8.73                         | 16.30                 |
| P (%) <sup>2</sup> |                                     |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                              |                        |                              |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |
| 80                 | 9.22 a                              | 15.44 a               | 5.11 a                      | 9.00 a                | 19.50 ab                    | 33.44 a               | 2.39 a                      | 3.99 a                | 3.11 a                      | 5.27 a                | 36.19 a                      | 59.80 a                | 4.69 b                       | 8.20 a                | 23.83 a                      | 41.30 a               | 2.39 a                       | 4.10 a                | 26.46 a                      | 45.00 a               |
| 120                | 9.44 a                              | 15.98 a               | 5.50 a                      | 9.56 a                | 20.94 a                     | 35.98 a               | 2.11 b                      | 3.81 a                | 3.44 a                      | 5.79 a                | 40.17 a                      | 72.20 a                | 6.03 a                       | 10.90 a               | 27.86 a                      | 49.60 a               | 2.47 a                       | 4.50 a                | 26.12 a                      | 45.10 a               |
| 160                | 8.94 a                              | 14.91 a               | 5.22 a                      | 8.80 a                | 18.44 b                     | 30.55 a               | 2.11 b                      | 3.70 a                | 2.94 a                      | 4.98 a                | 36.45 a                      | 60.60 a                | 4.49 b                       | 7.30 a                | 30.84 a                      | 52.60 a               | 2.43 a                       | 4.10 a                | 29.70 a                      | 50.40 a               |
| DSH                | 1.66                                | 3.06                  | 0.61                        | 2.06                  | 1.73                        | 5.80                  | 0.20                        | 0.83                  | 0.50                        | 1.40                  | 10.12                        | 19.30                  | 1.32                         | 3.60                  | 19.47                        | 38.40                 | 0.87                         | 1.80                  | 8.73                         | 16.30                 |
| O (KPa)            |                                     |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                              |                        |                              |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |
| -30                | 7.83 b                              | 13.58 b               | 5.78 a                      | 9.95 a                | 16.89 c                     | 29.16 b               | 2.44 a                      | 4.34 a                | 3.55 a                      | 6.01 a                | 37.01 ab                     | 63.60 a                | 3.25 c                       | 5.70 b                | 35.76 a                      | 61.70 a               | 4.61 a                       | 8.20 a                | 28.78 a                      | 48.80 a               |
| -50                | 9.67 a                              | 15.71 ab              | 4.55 b                      | 7.93 a                | 18.94 b                     | 31.81 b               | 2.11 b                      | 3.53 a                | 2.89 b                      | 4.91 a                | 43.17 a                      | 73.20 a                | 5.15 b                       | 8.60 ab               | 15.42 b                      | 25.70 a               | 1.02 b                       | 1.70 b                | 29.22 a                      | 49.90 a               |
| -70                | 10.11 a                             | 17.03 a               | 5.50 a                      | 9.48 a                | 23.05 a                     | 39.01 a               | 2.05 b                      | 3.62 a                | 3.05 ab                     | 5.13 a                | 32.63 b                      | 55.90 a                | 6.82 a                       | 12.20 a               | 31.34 ab                     | 56.20 a               | 1.67 b                       | 2.80 b                | 24.27 a                      | 41.80 a               |
| DSH                | 1.66                                | 3.06                  | 0.61                        | 2.06                  | 1.73                        | 5.80                  | 0.20                        | 0.83                  | 0.65                        | 1.40                  | 10.12                        | 19.30                  | 1.32                         | 3.60                  | 19.47                        | 38.40                 | 0.87                         | 1.80                  | 8.73                         | 16.30                 |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey (α≤0.05), **DSH**: Diferencia significativa honesta.

**Cuadro 67A.** Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en hoja de *Lilium* híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR         | PRUEBAS DE TUKEY DE HOJA DE MENTON |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                      |                             |                       |
|--------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|
|                          | NITROGENO                          |                       | FOSFORO                     |                       | POTASIO                     |                       | CALCIO                      |                       | MAGNESIO                    |                       | BORO                        |                       | COBRE                       |                       | FIERRO                      |                       | MANGANESO                   |                      | ZINC                        |                       |
|                          | Concent. g kg <sup>-1</sup>        | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mgkg <sup>-1</sup> | Ex µg p <sup>-1</sup> | Concent. mgkg <sup>-1</sup> | Ex µg p <sup>-1</sup> | Concent. mgkg <sup>-1</sup> | Ex µg p <sup>-1</sup> | Concent. mgkg <sup>-1</sup> | Ex µ p <sup>-1</sup> | Concent. mgkg <sup>-1</sup> | Ex Mg p <sup>-1</sup> |
| <b>N (%)<sup>1</sup></b> |                                    |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                      |                             |                       |
| 0.0                      | 35.61 a <sup>3</sup>               | 55.02 <sub>b</sub>    | 3.50 b                      | 5.90 b                | 43.56 a                     | 75.41 b               | 14.56 a                     | 25.21 b               | 9.89 b                      | 17.52 b               | 273.03 b                    | 474.40 b              | 8.96 b                      | 15.70 b               | 173.46 a                    | 306.50 b              | 34.64 b                     | 60.80 b              | 84.79 b                     | 147.70 b              |
| 12.5                     | 38.66 a                            | 55.74 <sub>a</sub>    | 3.50 b                      | 8.01 a                | 42.72 a                     | 96.93 a               | 15.50 a                     | 35.23 a               | 11.11 ab                    | 25.09 a               | 317.75 a                    | 719.40 a              | 9.60 ab                     | 21.80 a               | 190.43 a                    | 424.80 a              | 49.80 a                     | 113.20 a             | 97.06 a                     | 215.80 a              |
| 25.0                     | 38.89 a                            | 66.62 <sub>ab</sub>   | 3.94 a                      | 7.38 a                | 38.44 b                     | 73.32 b               | 13.89 a                     | 27.23 b               | 11.78 a                     | 22.64 ab              | 308.53 ab                   | 595.00 ab             | 11.13 a                     | 20.60 ab              | 191.44 a                    | 345.30 b              | 50.53 a                     | 96.30 a              | 100.26 a                    | 187.40 a              |
| DSH                      | 3.33                               | 13.60                 | 0.41                        | 1.30                  | 3.08                        | 16.90 a               | 2.36                        | 7.64                  | 1.53                        | 5.66                  | 39.32                       | 134.70                | 1.87                        | 5.10                  | 31.85                       | 70.60                 | 5.19                        | 19.40                | 10.17                       | 36.70                 |
| <b>P(%)<sup>2</sup></b>  |                                    |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                      |                             |                       |
| 80                       | 36.67 a                            | 62.58 <sub>a</sub>    | 3.33 b                      | 6.65 b                | 40.89 a                     | 80.95 a               | 14.50 a                     | 29.22 a               | 10.94 a                     | 22.60 a               | 296.53 a                    | 607.20 ab             | 8.98 b                      | 18.50 a               | 151.88 b                    | 305.50 b              | 41.88 b                     | 86.60 ab             | 88.41 b                     | 176.10 a              |
| 120                      | 38.78 a                            | 67.17 <sub>a</sub>    | 3.72 ab                     | 7.99 a                | 41.39 a                     | 88.75 a               | 15.11 a                     | 32.63 a               | 10.89 a                     | 23.49 a               | 311.89 a                    | 670.60 ab             | 9.45 ab                     | 20.50 a               | 194.14 a                    | 415.20 a              | 47.72 a                     | 104.30 ab            | 94.58 ab                    | 201.90 a              |
| 160                      | 37.72 a                            | 63.91 <sub>a</sub>    | 3.89 a                      | 6.64 b                | 42.44 a                     | 75.96 a               | 14.33 a                     | 25.82 a               | 10.94 a                     | 19.17 a               | 290.88 a                    | 511.10 b              | 11.26 a                     | 19.10 a               | 209.30 a                    | 355.90 ab             | 45.38 ab                    | 79.40 b              | 99.10 a                     | 172.90 a              |
| DSH                      | 3.33                               | 13.60                 | 0.41                        | 1.30                  | 3.08                        | 16.90                 | 2.36                        | 7.64                  | 1.53                        | 5.66                  | 39.32                       | 134.70                | 1.87                        | 5.10                  | 31.85                       | 70.60                 | 5.19                        | 19.40                | 10.17                       | 36.70                 |
| <b>O (KPa)</b>           |                                    |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                      |                             |                       |
| -30                      | 37.17 a                            | 65.03 <sub>a</sub>    | 3.50 a                      | 7.04 a                | 40.83 a                     | 81.63 a               | 14.22 a                     | 28.51 a               | 10.67 a                     | 21.72 a               | 301.07 a                    | 608.90 a              | 8.31 b                      | 16.70 b               | 196.33 a                    | 393.10 a              | 43.28 a                     | 87.20 a              | 106.42 a                    | 211.90 a              |
| -50                      | 37.22 a                            | 63.11 <sub>a</sub>    | 3.83 a                      | 6.81 a                | 42.83 a                     | 78.13 a               | 15.06 a                     | 27.80 a               | 10.67 a                     | 19.57 a               | 305.66 a                    | 560.00 a              | 9.87 ab                     | 18.00 b               | 188.14 a                    | 336.70 a              | 44.88 a                     | 83.60 a              | 95.51 b                     | 174.70 b              |
| -70                      | 38.78 a                            | 65.52 <sub>a</sub>    | 3.61 a                      | 7.44 a                | 41.06 a                     | 85.89 a               | 14.67 a                     | 31.36 a               | 11.44 a                     | 23.97 a               | 292.58 a                    | 620.00 a              | 11.51 a                     | 23.40 a               | 170.86 a                    | 346.80 a              | 46.82 a                     | 99.60 a              | 80.17 c                     | 164.30 b              |
| DSH                      | 3.33                               | 13.60                 | 0.41                        | 1.30                  | 3.08                        | 16.90                 | 2.36                        | 7.64                  | 1.53                        | 5.66                  | 39.32                       | 134.70                | 1.87                        | 5.10                  | 31.85                       | 70.60                 | 5.19                        | 19.40                | 10.17                       | 36.70                 |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta.

**Cuadro 68A.** Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrientes en flor de *Lilium* híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR   | NUTRIMENTOS EN FLOR DE FLOR DE MENTON |                 |                         |                 |                       |                 |                       |                 |                       |                 |                          |                 |                        |                 |                          |                 |                        |                 |                          |                 |
|--------------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
|                    | NITROGENO                             |                 | FOSFORO                 |                 | POTASIO               |                 | CALCIO                |                 | MAGNESIO              |                 | BORO                     |                 | COBRE                  |                 | FIERRO                   |                 | MANGANESO              |                 | ZINC                     |                 |
|                    | Concent. $g\ kg^{-1}$                 | Ex $mg\ p^{-1}$ | Concent. $g\ kg_1^{-1}$ | Ex $mg\ p^{-1}$ | Concent. $g\ kg^{-2}$ | Ex $mg\ p^{-1}$ | Concent. $g\ kg^{-1}$ | Ex $mg\ p^{-1}$ | Concent. $g\ kg^{-1}$ | Ex $mg\ p^{-1}$ | Concent. $mg\ kg_1^{-1}$ | Ex $mg\ p^{-1}$ | Concent. $mg\ kg^{-1}$ | Ex $mg\ p^{-1}$ | Concent. $mg\ kg_1^{-1}$ | Ex $mg\ p^{-1}$ | Concent. $mg\ kg^{-1}$ | Ex $mg\ p^{-1}$ | Concent. $mg\ kg_1^{-1}$ | Ex $mg\ p^{-1}$ |
| N (%) <sup>1</sup> |                                       |                 |                         |                 |                       |                 |                       |                 |                       |                 |                          |                 |                        |                 |                          |                 |                        |                 |                          |                 |
| 0.0                | 27.94 b <sup>3</sup>                  | 43.61 a         | 5.61 a                  | 9.24 b          | 31.56 a               | 51.48 b         | 4.94 a                | 8.25 a          | 4.33 a                | 7.27 a          | 162.04 a                 | 263.40 a        | 4.81 a                 | 8.00 b          | 78.27 a                  | 127.20 b        | 19.36 b                | 31.60 b         | 65.82 a                  | 106.60 a        |
| 12.5               | 29.94 ab                              | 55.74 a         | 5.83 a                  | 11.53 a         | 30.83 a               | 62.27 a         | 4.83 a                | 9.62 a          | 4.39 a                | 8.88 a          | 147.59 a                 | 297.60 a        | 6.48 a                 | 12.80 a         | 22.64 a                  | 187.00 a        | 23.57 a                | 47.70 a         | 58.69 a                  | 117.60 a        |
| 25.0               | 32.00 a                               | 55.13 a         | 6.00 a                  | 10.69 ab        | 31.67 a               | 57.23 ab        | 4.50 a                | 8.25 a          | 4.61 a                | 8.42 a          | 178.53 a                 | 330.30 a        | 8.95 a                 | 14.60 a         | 103.12 a                 | 185.50 ab       | 21.91 ab               | 40.20 ab        | 64.81 a                  | 116.40 a        |
| DSH                | 3.48                                  | 12.80           | 0.69                    | 2.05            | 2.73                  | 9.47            | 0.75                  | 2.02            | 0.78                  | 1.80            | 40.41                    | 91.50           | 4.17                   | 4.50            | 30.60                    | 59.20           | 3.81                   | 9.80            | 9.92                     | 26.60           |
| P (%) <sup>2</sup> |                                       |                 |                         |                 |                       |                 |                       |                 |                       |                 |                          |                 |                        |                 |                          |                 |                        |                 |                          |                 |
| 80                 | 29.28 a                               | 50.12 a         | 5.50 b                  | 10.03 a         | 29.83 a               | 55.18 a         | 4.94 ab               | 9.04 a          | 4.39 a                | 8.13 a          | 167.07 a                 | 308.10 a        | 6.27 a                 | 11.70 a         | 97.23 a                  | 180.80 a        | 21.33 a                | 39.60 a         | 64.27 a                  | 116.60 a        |
| 120                | 30.00 a                               | 52.38 a         | 5.72 ab                 | 10.28 a         | 31.83 a               | 57.23 a         | 5.06 a                | 9.05 a          | 4.56 a                | 8.39 a          | 169.78 a                 | 315.80 a        | 8.23 a                 | 13.60 a         | 86.70 a                  | 157.60 a        | 22.57 a                | 42.10 a         | 64.63 a                  | 115.40 a        |
| 160                | 30.61 a                               | 51.97 a         | 6.22 a                  | 11.15 a         | 32.39 a               | 58.57 a         | 4.28 b                | 8.03 a          | 4.39 a                | 8.04 a          | 151.32 a                 | 267.30 a        | 5.74 a                 | 10.20 a         | 90.09 a                  | 161.30 a        | 20.93 a                | 37.80 a         | 60.42 a                  | 108.60 a        |
| DSH                | 3.48                                  | 12.80           | 0.69                    | 2.05            | 2.73                  | 9.47            | 0.75                  | 2.02            | 0.78                  | 1.80            | 40.41                    | 91.50           | 4.17                   | 4.50            | 30.60                    | 59.20           | 3.81                   | 9.80            | 9.92                     | 26.60           |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta.

**Cuadro 69A.** Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en tallo de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR   | NUTRIMENTOS EN FLOR DE FLOR DE MENTON |                       |  |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |   |                       |                              |                       |   |                       |                              |                       |   |                       |
|--------------------|---------------------------------------|-----------------------|--|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|---|-----------------------|------------------------------|-----------------------|---|-----------------------|------------------------------|-----------------------|---|-----------------------|
|                    | NITROGENO                             |                       | FOSFORO                                  |                       | POTASIO                     |                       | CALCIO                      |                       | MAGNESIO                    |                       | BORO                                      |                       | COBRE                        |                       | FIERRO                                    |                       | MANGANESO                    |                       | ZINC                                      |                       |
|                    | Concent. g kg <sup>-1</sup>           | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sub>i</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sup>-2</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sub>i</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sub>i</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sub>i</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> |
| N (%) <sup>1</sup> |                                       |                       |  |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |   |                       |                              |                       |   |                       |                              |                       |   |                       |
| 0.0                | 27.94 b <sup>3</sup>                  | 43.61 a               | 5.61 a                                   | 9.24 b                | 31.56 a                     | 51.48 b               | 4.94 a                      | 8.25 a                | 4.33 a                      | 7.27 a                | 162.04 a                                  | 263.40 a              | 4.81 a                       | 8.00 b                | 78.27 a                                   | 127.20 b              | 19.36 b                      | 31.60 b               | 65.82 a                                   | 106.60 a              |
| 12.5               | 29.94 ab                              | 55.74 a               | 5.83 a                                   | 11.53 a               | 30.83 a                     | 62.27 a               | 4.83 a                      | 9.62 a                | 4.39 a                      | 8.88 a                | 147.59 a                                  | 297.60 a              | 6.48 a                       | 12.80 a               | 22.64 a                                   | 187.00                | 23.57 a                      | 47.70 a               | 58.69 a                                   | 117.60 a              |
| 25.0               | 32.00 a                               | 55.13 a               | 6.00 a                                   | 10.69 ab              | 31.67 a                     | 57.23 ab              | 4.50 a                      | 8.25 a                | 4.61 a                      | 8.42 a                | 178.53 a                                  | 330.30 a              | 8.95 a                       | 14.60 a               | 103.12 a                                  | 185.50 ab             | 21.91 ab                     | 40.20 ab              | 64.81 a                                   | 116.40 a              |
| DSH                | 3.48                                  | 12.80                 | 0.69                                     | 2.05                  | 2.73                        | 9.47                  | 0.75                        | 2.02                  | 0.78                        | 1.80                  | 40.41                                     | 91.50                 | 4.17                         | 4.50                  | 30.60                                     | 59.20                 | 3.81                         | 9.80                  | 9.92                                      | 26.60                 |
| P (%) <sup>2</sup> |                                       |                       |  |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |   |                       |                              |                       |   |                       |                              |                       |   |                       |
| 80                 | 29.28 a                               | 50.12 a               | 5.50 b                                   | 10.03 a               | 29.83 a                     | 55.18 a               | 4.94 ab                     | 9.04 a                | 4.39 a                      | 8.13 a                | 167.07 a                                  | 308.10 a              | 6.27 a                       | 11.70 a               | 97.23 a                                   | 180.80 a              | 21.33 a                      | 39.60 a               | 64.27 a                                   | 116.60 a              |
| 120                | 30.00 a                               | 52.38 a               | 5.72 ab                                  | 10.28 a               | 31.83 a                     | 57.23 a               | 5.06 a                      | 9.05 a                | 4.56 a                      | 8.39 a                | 169.78 a                                  | 315.80 a              | 8.23 a                       | 13.60 a               | 86.70 a                                   | 157.60 a              | 22.57 a                      | 42.10 a               | 64.63 a                                   | 115.40 a              |
| 160                | 30.61 a                               | 51.97 a               | 6.22 a                                   | 11.15 a               | 32.39 a                     | 58.57 a               | 4.28 b                      | 8.03 a                | 4.39 a                      | 8.04 a                | 151.32 a                                  | 267.30 a              | 5.74 a                       | 10.20 a               | 90.09 a                                   | 161.30 a              | 20.93 a                      | 37.80 a               | 60.42 a                                   | 108.60 a              |
| DSH                | 3.48                                  | 12.80                 | 0.69                                     | 2.05                  | 2.73                        | 9.47                  | 0.75                        | 2.02                  | 0.78                        | 1.80                  | 40.41                                     | 91.50                 | 4.17                         | 4.50                  | 30.60                                     | 59.20                 | 3.81                         | 9.80                  | 9.92                                      | 26.60                 |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta.

**Cuadro 70A.** Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en hoja de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (N), tres de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR         | NUTRIMENTOS EN FLOR DE FLOR DE MENTON |                       |  |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |   |                       |   |                       |   |                       |   |                       |   |                       |
|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------|--|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|
|                          | NITROGENO                             |                       | FOSFORO                                  |                       | POTASIO                     |                       | CALCIO                      |                       | MAGNESIO                    |                       | BORO                                      |                       | COBRE                                     |                       | FIERRO                                    |                       | MANGANESO                                 |                       | ZINC                                      |                       |
|                          | Concent. g kg <sup>-1</sup>           | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sub>i</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sup>-2</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sub>i</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sub>i</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sub>i</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sub>i</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sub>i</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> |
| <b>N (%)<sup>1</sup></b> |                                       |                       |  |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |   |                       |   |                       |   |                       |   |                       |   |                       |
| 0.0                      | 27.94 b <sup>3</sup>                  | 43.61 <sub>a</sub>    | 5.61 a                                   | 9.24 b                | 31.56 a                     | 51.48 b               | 4.94 a                      | 8.25 a                | 4.33 a                      | 7.27 a                | 162.04 a                                  | 263.40 a              | 4.81 a                                    | 8.00 b                | 78.27 a                                   | 127.20 b              | 19.36 b                                   | 31.60 b               | 65.82 a                                   | 106.60 a              |
| 12.5                     | 29.94 ab                              | 55.74 <sub>a</sub>    | 5.83 a                                   | 11.53 a               | 30.83 a                     | 62.27 a               | 4.83 a                      | 9.62 a                | 4.39 a                      | 8.88 a                | 147.59 a                                  | 297.60 a              | 6.48 a                                    | 12.80 a               | 22.64 a                                   | 187.00 a              | 23.57 a                                   | 47.70 a               | 58.69 a                                   | 117.60 a              |
| 25.0                     | 32.00 a                               | 55.13 <sub>a</sub>    | 6.00 a                                   | 10.69 ab              | 31.67 a                     | 57.23 ab              | 4.50 a                      | 8.25 a                | 4.61 a                      | 8.42 a                | 178.53 a                                  | 330.30 a              | 8.95 a                                    | 14.60 a               | 103.12 a                                  | 185.50 ab             | 21.91 ab                                  | 40.20 ab              | 64.81 a                                   | 116.40 a              |
| DSH                      | 3.48                                  | 12.80                 | 0.69                                     | 2.05                  | 2.73                        | 9.47                  | 0.75                        | 2.02                  | 0.78                        | 1.80                  | 40.41                                     | 91.50                 | 4.17                                      | 4.50                  | 30.60                                     | 59.20                 | 3.81                                      | 9.80                  | 9.92                                      | 26.60                 |
| <b>P (%)<sup>2</sup></b> |                                       |                       |  |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |   |                       |   |                       |   |                       |   |                       |   |                       |
| 80                       | 29.28 a                               | 50.12 <sub>a</sub>    | 5.50 b                                   | 10.03 a               | 29.83 a                     | 55.18 a               | 4.94 ab                     | 9.04 a                | 4.39 a                      | 8.13 a                | 167.07 a                                  | 308.10 a              | 6.27 a                                    | 11.70 a               | 97.23 a                                   | 180.80 a              | 21.33 a                                   | 39.60 a               | 64.27 a                                   | 116.60 a              |
| 120                      | 30.00 a                               | 52.38 <sub>a</sub>    | 5.72 ab                                  | 10.28 a               | 31.83 a                     | 57.23 a               | 5.06 a                      | 9.05 a                | 4.56 a                      | 8.39 a                | 169.78 a                                  | 315.80 a              | 8.23 a                                    | 13.60 a               | 86.70 a                                   | 157.60 a              | 22.57 a                                   | 42.10 a               | 64.63 a                                   | 115.40 a              |
| 160                      | 30.61 a                               | 51.97 <sub>a</sub>    | 6.22 a                                   | 11.15 a               | 32.39 a                     | 58.57 a               | 4.28 b                      | 8.03 a                | 4.39 a                      | 8.04 a                | 151.32 a                                  | 267.30 a              | 5.74 a                                    | 10.20 a               | 90.09 a                                   | 161.30 a              | 20.93 a                                   | 37.80 a               | 60.42 a                                   | 108.60 a              |
| DSH                      | 3.48                                  | 12.80                 | 0.69                                     | 2.05                  | 2.73                        | 9.47                  | 0.75                        | 2.02                  | 0.78                        | 1.80                  | 40.41                                     | 91.50                 | 4.17                                      | 4.50                  | 30.60                                     | 59.20                 | 3.81                                      | 9.80                  | 9.92                                      | 26.60                 |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significa honesta.

**Cuadro 71A.** Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en flor de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de  $N-NH_4^+$  (N), tres de  $H_2PO_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR         | NUTRIMENTOS EN FLOR DE BRUNELO  |                                   |  |                                   |  |                                   |  |                                   |  |                                   |   |                       |   |                       |   |                       |   |                       |   |                       |
|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|
|                          | NITROGENO                       |                                   | FOSFORO                                  |                                   | POTASIO                                  |                                   | CALCIO                                   |                                   | MAGNESIO                                 |                                   | BORO                                      |                       | COBRE                                     |                       | FIERRO                                    |                       | MANGANESO                                 |                       | ZINC                                      |                       |
|                          | Concent. g kg <sup>-1</sup>     | Ex mgp <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Ex mgp <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sub>2</sub> <sup>-2</sup> | Ex mgp <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Ex mgp <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Ex mgp <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> | Concent. mg kg <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Ex mg p <sup>-1</sup> |
| <b>N (%)<sup>1</sup></b> |                                 |                                   |  |                                   |  |                                   |  |                                   |  |                                   |   |                       |   |                       |   |                       |   |                       |   |                       |
| 0                        | 25.50 <sub>a</sub> <sup>3</sup> | 64.17 <sub>a</sub>                | 5.44 a                                   | 10.94 a                           | 34.72 a                                  | 69.38 a                           | 5.83 a                                   | 10.41 a                           | 4.83 a                                   | 8.91 b                            | 168.94 a                                  | 0.32 a                | 7.34 a                                    | 0.014 a               | 114.97 a                                  | 0.20 b                | 28.31 a                                   | 0.052 a               | 61.45 a                                   | 0.11 a                |
| 12.5                     | 25.28 <sub>a</sub>              | 71.49 <sub>a</sub>                | 5.67 a                                   | 13.36 a                           | 35.33 a                                  | 80.60 a                           | 4.94 a                                   | 10.34 a                           | 5.28 a                                   | 11.21 ab                          | 156.46 a                                  | 0.34 a                | 10.33 a                                   | 0.020 a               | 114.04 a                                  | 0.24 ab               | 30.49 a                                   | 0.066 a               | 54.98 a                                   | 0.12 a                |
| 25                       | 25.11 <sub>a</sub>              | 64.58 <sub>a</sub>                | 5.83 a                                   | 13.53 a                           | 36.67 a                                  | 91.38 a                           | 4.88 a                                   | 11.10 a                           | 5.61 a                                   | 12.98 a                           | 162.76 a                                  | 0.38 a                | 8.51 a                                    | 0.020 a               | 131.93 a                                  | 0.32 a                | 29.08 a                                   | 0.069 a               | 51.36 a                                   | 0.12 a                |
| DSH                      | 2.99                            | 21.11                             | 0.99                                     | 5.13                              | 7.61                                     | 38.40                             | 1.22                                     | 4.21                              | 1.14                                     | 3.81                              | 33.79                                     | 0.12                  | 3.19                                      | 0.007                 | 44.15                                     | 0.10                  | 6.02                                      | 0.025                 | 10.69                                     | 0.04                  |
| <b>P (%)<sup>2</sup></b> |                                 |                                   |  |                                   |  |                                   |  |                                   |  |                                   |   |                       |   |                       |   |                       |   |                       |   |                       |
| 80                       | 25.39 <sub>a</sub>              | 68.59 <sub>a</sub>                | 5.44 a                                   | 11.64 a                           | 34.83 a                                  | 74.18 a                           | 4.88 b                                   | 10.19 a                           | 5.22 ab                                  | 10.44 a                           | 151.27 a                                  | 0.31 a                | 9.60 a                                    | 0.017 a               | 106.78 a                                  | 0.22 a                | 28.79 a                                   | 0.061 a               | 54.06 a                                   | 0.11 a                |
| 120                      | 26.06 <sub>a</sub>              | 71.54 <sub>a</sub>                | 5.61 a                                   | 13.33 a                           | 37.56 a                                  | 93.89 a                           | 6.11 a                                   | 12.16 a                           | 5.83 a                                   | 12.98 a                           | 156.81 a                                  | 0.35 a                | 9.33 a                                    | 0.022 a               | 119.32 a                                  | 0.28 a                | 32.27 a                                   | 0.070 a               | 57.67 a                                   | 0.12 a                |
| 160                      | 24.44 <sub>a</sub>              | 60.11 <sub>a</sub>                | 5.89 a                                   | 12.86 a                           | 34.33 a                                  | 73.29 a                           | 4.66 b                                   | 9.50 a                            | 4.67 b                                   | 9.67 a                            | 180.08 a                                  | 0.38 a                | 7.26 a                                    | 0.016 a               | 134.83 a                                  | 0.26 a                | 26.82 a                                   | 0.057 a               | 56.06 a                                   | 0.11 a                |
| DSH                      | 2.99                            | 21.11                             | 0.99                                     | 5.13                              | 7.61                                     | 38.40                             | 1.22                                     | 4.21                              | 1.14                                     | 3.81                              | 33.79                                     | 0.12                  | 3.19                                      | 0.007                 | 44.15                                     | 0.10                  | 6.02                                      | 0.025                 | 10.69                                     | 0.04                  |
| <b>O</b>                 |                                 |                                   |  |                                   |  |                                   |  |                                   |  |                                   |   |                       |   |                       |   |                       |   |                       |   |                       |
| 30                       | 24.78 <sub>a</sub>              | 66.28 <sub>a</sub>                | 5.06 b                                   | 11.44 a                           | 35.06 a                                  | 78.04 a                           | 4.44 b                                   | 9.73 a                            | 5.00 a                                   | 10.58 a                           | 164.24 a                                  | 0.35 a                | 9.31 a                                    | 0.020 a               | 107.74 ab                                 | 0.21 b                | 29.38 a                                   | 0.064 a               | 50.78 a                                   | 0.11 a                |
| 50                       | 25.78 <sub>a</sub>              | 74.19 <sub>a</sub>                | 6.11 a                                   | 14.62 a                           | 33.22 a                                  | 77.75 a                           | 5.50 ab                                  | 11.61 a                           | 5.22 a                                   | 11.35 a                           | 154.89 a                                  | 0.34 a                | 5.48 b                                    | 0.012 b               | 103.67 b                                  | 0.23 ab               | 29.74 a                                   | 0.065 a               | 58.23 a                                   | 0.13 a                |
| 70                       | 25.33 <sub>a</sub>              | 59.78 <sub>a</sub>                | 5.78 ab                                  | 11.77 a                           | 38.44 a                                  | 85.57 a                           | 5.72 a                                   | 10.52 a                           | 5.50 a                                   | 11.16 a                           | 169.03 a                                  | 0.35 a                | 11.39 a                                   | 0.021 a               | 149.52 a                                  | 0.32 a                | 28.76 a                                   | 0.058 a               | 58.77 a                                   | 0.11 a                |
| DSH                      | 2.99                            | 21.11                             | 0.99                                     | 5.13                              | 7.61                                     | 38.40                             | 1.22                                     | 4.21                              | 1.14                                     | 3.81                              | 33.79                                     | 0.12                  | 3.19                                      | 0.007                 | 44.15                                     | 0.10                  | 6.02                                      | 0.025                 | 10.69                                     | 0.04                  |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $H_2PO_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta.

**Cuadro 72A.** Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en planta de *Lilium* híbrido Asiático 'Mentón' en un experimento factorial con tres niveles de  $\text{N-NH}_4^+$  (N), tres de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR         | NUTRIMENTOS EN FLOR DE BRUNELO  |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |
|--------------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|
|                          | NITROGENO                       |                       | FOSFORO                     |                       | POTASIO                     |                       | CALCIO                      |                       | MAGNESIO                    |                       | BORO                         |                       | COBRE                        |                       | FIERRO                       |                       | MANGANESO                    |                       | ZINC                         |                       |
|                          | Concent. $\text{g kg}^{-1}$     | Ex $\text{mg p}^{-1}$ | Concent. $\text{g kg}^{-1}$ | Ex $\text{mg p}^{-1}$ | Concent. $\text{g kg}^{-2}$ | Ex $\text{mg p}^{-1}$ | Concent. $\text{g kg}^{-1}$ | Ex $\text{mg p}^{-1}$ | Concent. $\text{g kg}^{-1}$ | Ex $\text{mg p}^{-1}$ | Concent. $\text{mg kg}^{-1}$ | Ex $\text{mg p}^{-1}$ |
| <b>N (%)<sup>1</sup></b> |                                 |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |
| 0.0                      | 25.50 <sub>a</sub> <sup>3</sup> | 64.17 <sub>a</sub>    | 5.44 a                      | 10.94 a               | 34.72 a                     | 69.38 a               | 5.83 a                      | 10.41 a               | 4.83 a                      | 8.91 b                | 168.94 a                     | 0.32 a                | 7.34 a                       | 0.014 a               | 114.97 a                     | 0.20 b                | 28.31 a                      | 0.052 a               | 61.45 a                      | 0.11 a                |
| 12.5                     | 25.28 <sub>a</sub>              | 71.49 <sub>a</sub>    | 5.67 a                      | 13.36 a               | 35.33 a                     | 80.60 a               | 4.94 a                      | 10.34 a               | 5.28 a                      | 11.21 ab              | 156.46 a                     | 0.34 a                | 10.33 a                      | 0.020 a               | 114.04 a                     | 0.24 ab               | 30.49 a                      | 0.066 a               | 54.98 a                      | 0.12 a                |
| 25                       | 25.11 <sub>a</sub>              | 64.58 <sub>a</sub>    | 5.83 a                      | 13.53 a               | 36.67 a                     | 91.38 a               | 4.88 a                      | 11.10 a               | 5.61 a                      | 12.98 a               | 162.76 a                     | 0.38 a                | 8.51 a                       | 0.020 a               | 131.93 a                     | 0.32 a                | 29.08 a                      | 0.069 a               | 51.36 a                      | 0.12 a                |
| DSH                      | 2.99                            | 21.11                 | 0.99                        | 5.13                  | 7.61                        | 38.40                 | 1.22                        | 4.21                  | 1.14                        | 3.81                  | 33.79                        | 0.12                  | 3.19                         | 0.007                 | 44.15                        | 0.10                  | 6.02                         | 0.025                 | 10.69                        | 0.04                  |
| <b>P (%)<sup>2</sup></b> |                                 |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |
| 80                       | 25.39 <sub>a</sub>              | 68.59 <sub>a</sub>    | 5.44 a                      | 11.64 a               | 34.83 a                     | 74.18 a               | 4.88 b                      | 10.19 a               | 5.22 ab                     | 10.44 a               | 151.27 a                     | 0.31 a                | 9.60 a                       | 0.017 a               | 106.78 a                     | 0.22 a                | 28.79 a                      | 0.061 a               | 54.06 a                      | 0.11 a                |
| 120                      | 26.06 <sub>a</sub>              | 71.54 <sub>a</sub>    | 5.61 a                      | 13.33 a               | 37.56 a                     | 93.89 a               | 6.11 a                      | 12.16 a               | 5.83 a                      | 12.98 a               | 156.81 a                     | 0.35 a                | 9.33 a                       | 0.022 a               | 119.32 a                     | 0.28 a                | 32.27 a                      | 0.070 a               | 57.67 a                      | 0.12 a                |
| 160                      | 24.44 <sub>a</sub>              | 60.11 <sub>a</sub>    | 5.89 a                      | 12.86 a               | 34.33 a                     | 73.29 a               | 4.66 b                      | 9.50 a                | 4.67 b                      | 9.67 a                | 180.08 a                     | 0.38 a                | 7.26 a                       | 0.016 a               | 134.83 a                     | 0.26 a                | 26.82 a                      | 0.057 a               | 56.06 a                      | 0.11 a                |
| DSH                      | 2.99                            | 21.11                 | 0.99                        | 5.13                  | 7.61                        | 38.40                 | 1.22                        | 4.21                  | 1.14                        | 3.81                  | 33.79                        | 0.12                  | 3.19                         | 0.007                 | 44.15                        | 0.10                  | 6.02                         | 0.025                 | 10.69                        | 0.04                  |
| <b>O (KPa)</b>           |                                 |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                             |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |                              |                       |
| 30                       | 24.78 <sub>a</sub>              | 66.28 <sub>a</sub>    | 5.06 b                      | 11.44 a               | 35.06 a                     | 78.04 a               | 4.44 b                      | 9.73 a                | 5.00 a                      | 10.58 a               | 164.24 a                     | 0.35 a                | 9.31 a                       | 0.020 a               | 107.74 ab                    | 0.21 b                | 29.38 a                      | 0.064 a               | 50.78 a                      | 0.11 a                |
| 50                       | 25.78 <sub>a</sub>              | 74.19 <sub>a</sub>    | 6.11 a                      | 14.62 a               | 33.22 a                     | 77.75 a               | 5.50 ab                     | 11.61 a               | 5.22 a                      | 11.35 a               | 154.89 a                     | 0.34 a                | 5.48 b                       | 0.012 b               | 103.67 b                     | 0.23 ab               | 29.74 a                      | 0.065 a               | 58.23 a                      | 0.13 a                |
| 70                       | 25.33 <sub>a</sub>              | 59.78 <sub>a</sub>    | 5.78 ab                     | 11.77 a               | 38.44 a                     | 85.57 a               | 5.72 a                      | 10.52 a               | 5.50 a                      | 11.16 a               | 169.03 a                     | 0.35 a                | 11.39 a                      | 0.021 a               | 149.52 a                     | 0.32 a                | 28.76 a                      | 0.058 a               | 58.77 a                      | 0.11 a                |
| DSH                      | 2.99                            | 21.11                 | 0.99                        | 5.13                  | 7.61                        | 38.40                 | 1.22                        | 4.21                  | 1.14                        | 3.81                  | 33.79                        | 0.12                  | 3.19                         | 0.007                 | 44.15                        | 0.10                  | 6.02                         | 0.025                 | 10.69                        | 0.04                  |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta.

**Cuadro 73A.** Pruebas de Tukey de la concentración y extracción de nutrimentos en planta de *Lilium* híbrido Asiático 'Brunelo' en un experimento factorial con tres niveles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (N), tres de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (P) y tres de potencial osmótico (O).

| NIVEL DEL FACTOR         | NUTRIMENTOS EN PLANTA DE BRUNELO         |                      |  |                                   |  |                                   |  |                                   |  |                                   |              |                                   |              |                                   |              |                                   |              |                                   |              |                                   |
|--------------------------|--|----------------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|
|                          | NITROGENO                                |                      | FOSFORO                                  |                                   | POTASIO                                  |                                   | CALCIO                                   |                                   | MAGNESIO                                 |                                   | BORO         |                                   | COBRE        |                                   | FIERRO       |                                   | MANGANESO    |                                   | ZINC         |                                   |
|                          | Concent. g kg <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Ex mgp <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Ex mgp <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Ex mgp <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Ex mgp <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Concent. g kg <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Ex mgp <sub>1</sub> <sup>-1</sup> | Concent. ppm | Ex mgp <sub>1</sub> <sup>-1</sup> |
| <b>N (%)<sup>1</sup></b> |  |                      |  |                                   |  |                                   |  |                                   |  |                                   |              |                                   |              |                                   |              |                                   |              |                                   |              |                                   |
| 0.0                      | 6.64 a <sup>3</sup>                      | 166.21 a             | 1.48 a                                   | 39.41 a                           | 11.73 a                                  | 359.38 a                          | 1.88 a                                   | 59.29 a                           | 1.52 b                                   | 47.97 b                           | 496.99 a     | 1.54 a                            | 20.57 b      | 0.06 b                            | 319.99 a     | 0.96 a                            | 74.66 b      | 0.24 b                            | 175.51 a     | 0.51 a                            |
| 2.5                      | 6.85 a                                   | 194.34 a             | 1.57 a                                   | 44.96 a                           | 11.10 a                                  | 343.67 a                          | 1.79 a                                   | 58.61 a                           | 1.63 ab                                  | 52.14 ab                          | 477.45 a     | 1.53 a                            | 25.12 a      | 0.07 a                            | 329.24 a     | 1.03 a                            | 90.18 a      | 0.29 a                            | 178.46 a     | 0.57 a                            |
| 5.0                      | 6.81 a                                   | 175.07 a             | 1.54 a                                   | 44.78 a                           | 11.08 a                                  | 351.37 a                          | 1.87 a                                   | 64.75 a                           | 1.79 a                                   | 60.77 a                           | 510.06 a     | 1.73 a                            | 21.61 ab     | 0.07 ab                           | 345.93 a     | 1.12 a                            | 87.88 a      | 0.30 a                            | 177.74 a     | 0.59 a                            |
| DSH                      | 0.49                                     | 52.61                | 0.17                                     | 5.64                              | 1.07                                     | 55.26                             | 0.23                                     | 13.57                             | 0.19                                     | 10.08                             | 39.06        | 0.25                              | 4.18         | 0.01                              | 62.52        | 0.22                              | 9.72         | 0.05                              | 25.20        | 0.16                              |
| <b>P (%)<sup>2</sup></b> |  |                      |  |                                   |  |                                   |  |                                   |  |                                   |              |                                   |              |                                   |              |                                   |              |                                   |              |                                   |
| 0.8                      | 6.79 a                                   | 182.77 a             | 1.47 a                                   | 39.43 b                           | 11.15 a                                  | 325.43 b                          | 1.82 ab                                  | 57.59 b                           | 1.61 ab                                  | 49.98 b                           | 465.99 b     | 1.44 b                            | 23.32 a      | 0.06 b                            | 323.64 a     | 0.99 a                            | 83.67 ab     | 0.26 b                            | 185.70 a     | 0.58 a                            |
| 1.2                      | 6.81 a                                   | 188.08 a             | 1.53 a                                   | 47.18 a                           | 11.80 a                                  | 404.60 a                          | 2.02 a                                   | 71.55 a                           | 1.79 a                                   | 62.65 a                           | 509.63 a     | 1.83 a                            | 23.86 a      | 0.08 a                            | 337.18 a     | 1.16 a                            | 90.75 a      | 0.32 a                            | 176.23 a     | 0.59 a                            |
| 1.6                      | 6.71 a                                   | 164.77 a             | 1.59 a                                   | 42.54 ab                          | 10.96 a                                  | 324.39 b                          | 1.71 b                                   | 53.51 b                           | 1.54 b                                   | 48.24 b                           | 508.88 a     | 1.54 b                            | 20.13 a      | 0.06 b                            | 334.34 a     | 0.96 a                            | 78.30 b      | 0.24 b                            | 169.78 a     | 0.50 a                            |
| DSH                      | 0.49                                     | 52.61                | 0.17                                     | 5.64                              | 1.07                                     | 55.26                             | 0.23                                     | 13.57                             | 0.19                                     | 10.08                             | 39.06        | 0.25                              | 4.18         | 0.01                              | 62.52        | 0.22                              | 9.72         | 0.05                              | 25.20        | 0.16                              |
| <b>O (KPa)</b>           |  |                      |  |                                   |  |                                   |  |                                   |  |                                   |              |                                   |              |                                   |              |                                   |              |                                   |              |                                   |
| 0.3                      | 6.53 a                                   | 174.27 a             | 1.45 a                                   | 40.97 a                           | 10.12 b                                  | 316.01 b                          | 1.79 a                                   | 61.35 a                           | 1.60 a                                   | 52.54 a                           | 481.56 a     | 1.58 a                            | 20.42 b      | 0.06 b                            | 306.97 b     | 0.96 b                            | 86.20 a      | 0.29 a                            | 190.84 a     | 0.62 a                            |
| 0.5                      | 6.99 a                                   | 200.06 a             | 1.55 a                                   | 45.04 a                           | 11.59 a                                  | 355.34 ab                         | 1.91 a                                   | 59.63 a                           | 1.64 a                                   | 51.26 a                           | 504.95 a     | 1.56 a                            | 20.18 b      | 0.06 b                            | 308.14 b     | 0.96 b                            | 84.78 a      | 0.26 a                            | 184.01 a     | 0.58 a                            |
| 0.7                      | 6.78 a                                   | 161.28 a             | 1.59 a                                   | 43.13 a                           | 12.20 a                                  | 383.07 a                          | 1.85 a                                   | 61.67 a                           | 1.70 a                                   | 57.08 a                           | 497.99 a     | 1.66 a                            | 26.70 a      | 0.08 a                            | 380.06 a     | 1.19 a                            | 81.74 a      | 0.28 a                            | 156.86 b     | 0.47 a                            |
| DSH                      | 0.49                                     | 52.61                | 0.17                                     | 5.64                              | 1.07                                     | 55.26                             | 0.23                                     | 13.57                             | 0.19                                     | 10.08                             | 39.06        | 0.25                              | 4.18         | 0.01                              | 62.52        | 0.22                              | 9.72         | 0.05                              | 25.20        | 0.16                              |

<sup>1</sup>: % del total de la concentración de cationes en la solución nutritiva, <sup>2</sup>: % de la concentración del H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en la solución Steiner, <sup>3</sup>: Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), **DSH**: Diferencia significativa honesta.