

DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS DE ACUMULACIÓN DE NUTRIENTES EN TRES CULTIVARES DE *Lilium* spp. PARA FLOR DE CORTE

DETERMINATION OF NUTRIENT ACCUMULATION CURVES IN THREE CULTIVARS OF *Lilium* spp. FOR CUT FLOWER

Rodrigo Ortega-Blu¹, Magdalena Correa-Benguria² y Eduardo Olate-Muñoz²

¹Escuela de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Viña del Mar. Agua Santa 7255. Viña del Mar, Chile. ²Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia. Universidad Católica de Chile. Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile. (rortega@uvm.cl)

RESUMEN

Hay pocos estudios de nutrición en los diferentes cultivares de *Lilium* spp., sobre todo para flor de corte, por lo que la presente investigación tuvo por objetivo determinar las curvas de absorción de nutrientes para tres cultivares pertenecientes a distintos tipos. Los resultados indican que los cvs. Navona y Fangio, que corresponden a los tipos Asiático e híbrido L/A, presentan diferencias significativas en la absorción diaria y acumulada de la mayoría de los nutrientes, a pesar de mostrar niveles de acumulación de materia seca (MS) y C similares. El cv. Oriental Miami presentó una mayor acumulación total de MS y C, producto de bulbos y flores de mayor tamaño que Navona y Fangio, pero no mostró niveles superiores de absorción de macronutrientes. Sin embargo, su absorción de micronutrientes fue muy superior debido, en parte, a su mayor producción de MS, pero principalmente por la mayor acidificación del sustrato en el que fue plantado, producida por la aplicación de ácido al agua de riego. Los resultados confirman la importancia de conocer las curvas de absorción de nutrientes para cada cultivar con el fin de diseñar programas de nutrición y fertilización adecuados para la producción de *Lilium* para flor de corte.

Palabras clave: *Lilium* spp., curvas de acumulación, materia seca, nutrientes.

INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Lilium* son plantas geófitas formadas por un bulbo escamoso constituido por hojas modificadas que se agrupan en torno a un disco basal. Estas hojas modificadas son escamas carnosas que almacenan las sustancias de reserva necesarias para el desarrollo de la planta, antes de la emergencia del sistema radical. Éste está compuesto por raíces carnosas que nacen del disco basal y raíces adventicias del tallo ubicadas en la porción superior del bulbo. Estas últimas tienen la función de absorber nutrientes y agua (de Hertogh y Le Nard, 1993). El bulbo es la fuente de energía para el crecimiento de brotes y raíces (Miller, 1993); además,

ABSTRACT

There are few studies of nutrition in the different cultivars of *Lilium* spp., especially for cut flower. The objective of the present study was to determine the nutrient absorption curves in three cultivars belonging to three different types. Results indicate that the cvs. Navona and Fangio, which correspond to Asian and hybrid L/A types, respectively, showed significant differences in the daily and accumulated absorption of most nutrients, despite presenting similar levels of C and dry matter (DM) accumulation. The Oriental type cv., Miami, which showed a higher DM and C accumulation than Navona and Fangio due to larger size bulbs and flowers, did not show higher macronutrient absorption levels. However, its micronutrient absorption was much higher, due, in part, to its higher DM production, but mainly as a result of the greater acidification of the substrate in which it was planted, caused by the acidulation of the irrigation water. Results confirm the importance of knowing the nutrient absorption curves for the different cultivars in order to design appropriate nutrition and fertilization programs for production of *Lilium* for cut flower.

Key words: *Lilium* spp., accumulation curves, dry matter, nutrients.

INTRODUCTION

The species of the genus *Lilium* are geophyte plants formed by a scaly bulb comprised of modified leaves that are grouped around a basal disc. These modified leaves are fleshy scales that store the reserve substances necessary for the development of the plant, prior to the emergence of the radical system. This system is composed of fleshy roots that emerge from the basal disc and adventitious roots of the stem located in the upper portion of the bulb. The function of these roots is to absorb nutrients and water (de Hertogh and Le Nard, 1993). The bulb is the energy source for the growth of shoots and roots (Miller, 1993); in addition, it can maintain the plant only until the adventitious roots emerge from the stem (Aimone, 1986). According to Beck (1984), this organ is an excellent reserve of nutrients, even until flowering.

In the literature reviewed, few studies of nutrition in *Lilium* spp. were found, especially for cut flowers, and

Recibido: Febrero, 2004. Aprobado: Agosto, 2005.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 40: 77-88. 2006.

puede mantener la planta sólo hasta que emerjan las raíces adventicias del tallo (Aimone, 1986). Según Beck (1984), este órgano es una excelente reserva de nutrientes, aún hasta la floración.

En la literatura revisada se encontraron pocos estudios de nutrición en *Lilium* spp., sobre todo para flores de corte, y las recomendaciones de fertilización son limitadas y contradictorias. Según Wilkins y Dole (1999), *Lilium* spp. no destaca por sus exigencias nutricionales, pero una fertilización apropiada es esencial para producir plantas de alta calidad. Para realizar recomendaciones de fertilización adecuadas se deben cuantificar los nutrientes absorbidos por las plantas en los distintos estados de crecimiento del cultivo (Michigan State University, 1996), y para *Lilium* spp. las recomendaciones debieran ser para cada tipo o clase debido a su notable variabilidad genética. Hay dos grandes tipos de cultivares de *Lilium*: *Lilium longiflorum*, de flores blancas y forma de trompeta, y *Lilium* de color o híbridos de color. Estos últimos se dividen en tres grupos: 1) asiáticos, cuyas flores presentan mayor diversidad de colores, formas y épocas de floración, aunque no tienen fragancia (Beattie y White, 1993), y sus hojas son sésiles, angostas y abundantes; 2) orientales, cuyas flores son blancas o rosadas, fragantes y de mayor tamaño (Beattie y White, 1993), y sus hojas son anchas y pecioladas; 3) cultivares nuevos L/A (*L. longiflorum*×asiático) y L/O (*L. longiflorum*×oriental) que incorporan las características del follaje del *L. longiflorum* y disposiciones más horizontales de las flores. Dadas las grandes diferencias morfológicas y de producción de materia seca entre los diferentes tipos de *Lilium*, probablemente sus requerimientos nutricionales son distintos.

Dada la importancia de *Lilium* spp. en la producción de flores de corte, se deben realizar estudios específicos para facilitar una mayor producción de flores de alta calidad, como la determinación de la demanda de nutrientes, según estado de desarrollo, en los distintos tipos de *Lilium* spp. Por los antecedentes recopilados (Beck, 1984; Bañón *et al.*, 1993; Schiappacasse, 1999), las reservas nutricionales del bulbo serían suficientes inicialmente, hasta que emerjan las raíces adventicias (Aimone, 1986). Luego se necesitarían aportes externos de nutrientes, provenientes del suelo o de la fertilización, dependiendo si el cultivo se realiza sobre suelo o sustrato.

La presente investigación tuvo por objetivo determinar las curvas de acumulación de materia seca y nutrientes para tres cultivares de *Lilium* spp., pertenecientes a los tipos oriental, asiático e híbrido L/A.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en Olmué, provincia de Quillota, V región de Chile, entre los 32° 02' y 33° 57' S, de agosto de 2002 a

the recommendations for fertilization are limited and contradictory. According to Wilkins and Dole (1999), *Lilium* spp. does not have outstanding nutritional demands, but an appropriate fertilization is essential for producing high quality plants. To make adequate recommendations of fertilization, a quantification should be made of the nutrients absorbed by the plant in the different stages of growth of the crop (Michigan State University, 1996), and for *Lilium* spp. the recommendations should be for each type or class, due to its notable genetic variability. There are two major types of *Lilium* cultivars: *Lilium longiflorum*, with white, trumpet shaped flowers, and colored *Lilium* or colored hybrids. The latter are divided into three groups: 1) Asian, whose flowers present a greater diversity of colors, forms and periods of flowering, although they have no fragrance (Beattie and White, 1993), and whose leaves are sessile, narrow and abundant; 2) Oriental, whose flowers are white or pink, fragrant, and of a larger size (Beattie and White, 1993), and whose leaves are wide and petiolate; 3) new cultivars L/A (*L. longiflorum*×Asian) and L/O (*L. longiflorum*×Oriental) which incorporate the characteristics of the foliage of *L. longiflorum* and more horizontal dispositions of the flowers. Given the great morphological differences and those of dry matter production among the different types of *Lilium*, their nutritional requirements are probably different.

Given the importance of *Lilium* spp. in the production of cut flowers, specific studies should be made to facilitate a greater production of high quality flowers, such as the determination of the demand of nutrients, according to the stage of development, in the different types of *Lilium* spp. According to the compiled references (Beck, 1984; Bañón *et al.*, 1993; Schiappacasse, 1999), the nutritional reserves of the bulb would be sufficient initially until the emergence of the adventitious roots (Aimone, 1986). Afterwards, external nutrient sources would be needed, from the soil or fertilization, depending on whether the cultivation is carried out in the soil or in substrate.

The objective of the present study was to determine the accumulation curves of dry matter and nutrients for three cultivars of *Lilium* spp., belonging to the Oriental, Asian and hybrid L/A types.

MATERIALS AND METHODS

This research was carried out in Olmué, province of Quillota, V region of Chile, between 30° 02' and 33° 57' S, from August of 2002 to March of 2003. The climate is dry Mediterranean, with an average annual precipitation of 450 mm, concentrated from May to August (winter), and with a marked estival drought. Three cultivars of *Lilium* spp. were evaluated: Miami, Navona and Fangio, which correspond to the classes oriental, Asian, and hybrid L/A.

marzo de 2003. El clima es mediterráneo seco, con una precipitación promedio anual de 450 mm, concentrada de mayo a agosto (invierno), y una marcada sequía estival. Se evaluaron tres cultivares de *Lilium* spp., Miami, Navona y Fangio que corresponden a las clases oriental, asiático e híbrido L/A.

La plantación se realizó en camas de 1.2 m de ancho, durante la semana 35 de 2002 (agosto), en sombra (50% de intercepción de luz), con una densidad de población de 48 plantas m². Se utilizaron bulbos de calibre 12-14 cm de perímetro y 9±3 g materia seca (MS), plantados en suelo (cvs. Navona y Fangio) o sustrato orgánico (cv. Miami). La fertilidad de los suelos y sustrato utilizados era media a alta, como se observa en el Cuadro 1 (Sadzawka, 1990).

El riego se realizó por cintas, reponiendo diariamente 100% de la evapotranspiración. La fertilización fue por el sistema de riego aplicando fertilizantes solubles: 16.5, 4.4, 14.1 y 2.6 g m⁻² de N, P₂O₅, K₂O y Ca, para el cv. Miami; 15.3, 4.3, 16.8 y 2.6 g m⁻² de N, P₂O₅, K₂O y Ca, para los cvs. Navona y Fangio.

Los cultivares Fangio y Navona se evaluaron semanalmente, y el cultivar Miami cada dos semanas debido a su crecimiento más lento respecto a las otras variedades. En cada muestreo se determinó el estado de desarrollo general de la plantación.

Se usó un diseño completamente al azar con tres tratamientos (variedades) y cuatro repeticiones. La unidad experimental fue un marco de medición de 0.25 m², que abarcó 12 plantas. Se utilizaron tres repeticiones que correspondían a tres lugares de muestreo dentro de la cama de plantación. La primera repetición se ubicó al lado derecho de la cama y en cada fecha de muestreo se avanzó hacia atrás. La segunda repetición se dispuso en el centro de la cama y el avance fue alternado hacia delante y atrás. Finalmente, la tercera repetición se ubicó al lado izquierdo y el avance fue hacia delante.

Las plantas fueron extraídas cuidadosamente desde el suelo o sustrato, para no dañar el bulbo, lavadas, separadas y pesadas por órgano (bulbo, tallo+hojas, y flores) para luego secarlas en estufa a 55 °C hasta peso constante. En cada tejido se determinó el contenido de C, N y S vía combustión seca; K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu y Mn vía húmeda por espectrometría de absorción atómica; B y P vía húmeda por espectrometría de absorción molecular utilizando metodologías estándares (Sadzawka *et al.*, 2001).

Con los datos de MS y contenido de nutrientes, se determinaron las cantidades de nutrientes absorbidos en cada fecha de muestreo, para cada tejido y cultivar evaluado. Además, se determinó la acumulación de MS, C, N, P y K sólo en la parte aérea (tallos, hojas y flores). Para estos últimos datos se ajustaron modelos sigmoideos utilizando el programa Microcal Origin (Microcal Software Inc, 2000). Una vez ajustadas las curvas se procedió a derivarlas para obtener las tasas de acumulación o absorción diarias.

El análisis de varianza y la comparación de medias de los datos de absorción de nutrientes en cada órgano al momento de punto de cosecha, se hizo mediante diferencia mínima significativa (DMS) protegida (SAS Institute, 2004). El nivel de significancia utilizado fue 0.05.

The planting was carried out in beds of 1.2 m width, during week 35 of the year 2002 (August), under shade (50% light interception), with a population density of 48 plants m². Bulbs of caliber 12-14 cm perimeter and 9±3 g of dry matter (DM) were used, planted in soil (cvs. Navona and Fangio) or organic substrate (cv. Miami). The fertility of the soils and substrate used was from medium to high, as is observed in Table 1 (Sadzawka, 1990).

Irrigation was done with strips, daily replacing 100% of the evapotranspiration. Fertilization was carried out by means of the irrigation system, using soluble fertilizers: 16.5, 4.4, 14.1 and 2.6 g m⁻² of N, P₂O₅, K₂O and Ca, for the cv. Miami; 15.3, 4.3, 16.8 and 2.6 g m⁻² of N, P₂O₅, K₂O and Ca, for the cvs. Navona and Fangio.

The Fangio and Navona cultivars were evaluated weekly, and the Miami cultivar every two weeks, due to the fact that its growth was slower with respect to the other varieties. In each sampling, the general state of development of the plantation was determined.

The experimental design was completely randomized with three treatments (cvs) and four replications. The experimental unit was a measurement frame of 0.25 m², which included 12 plants. Three repetitions were utilized, corresponding to three sampling locations within the bed of the plantation. The first repetition was located on the right side of the bed, and on each sampling date, was advanced backwards. The second repetition was made in the center of the bed and the advancement was alternated forwards and backwards. Finally, the third repetition was located on the left side and the advance was forwards.

The plants were carefully removed from the soil or substrate, so as not to damage the bulb, then they were washed, separated and weighed by organ (bulb, stem+leaves and flowers) to later be dried in an oven at 55 °C to constant weight. In each tissue, the content of C, N and S was determined via dry combustion; K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu and Mn, via moisture by atomic absorption spectrometry; B and P, via moisture by molecular absorption spectrometry utilizing standard methodologies (Sadzawka *et al.*, 2001).

With the data of DM and nutrients content, the amount of nutrients absorbed on each sampling date was determined, for each tissue and cultivar evaluated. In addition, the accumulation of DM, C, N, P and K was determined only in the aboveground part (stems, leaves and flowers). For these last data, sigmoid models were adjusted utilizing

Cuadro 1. Fertilidad del suelo y sustratos utilizados.
Table 1. Fertility of soil and substrates used.

Tipo de sustrato	Miami sustrato	Navona suelo	Fangio suelo
pH	6.4	5.2	6.6
Materia orgánica (%)	10.9	1.40	4.20
CE (mmhos cm ⁻¹)	1.34	0.15	1.04
N disponible (ppm)	90	32	64
P extraíble (ppm)	154	19	101
K extraíble (ppm)	526	89	282
Cu extraíble (ppm)	2.93	5.82	4.49
Fe extraíble (ppm)	82.9	105	57.7
Mn extraíble (ppm)	11.0	23.3	12.1
Zn extraíble (ppm)	11.8	1.9	13.2
B extraíble (ppm)	2.19	0.72	1.75
S extraíble (ppm)	273	28.1	185

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según Miller (1993), durante el crecimiento de *Lilium* spp. para la producción de flores de corte se distinguen cuatro fases: 1) elongación del tallo; 2) iniciación de floración; 3) desarrollo de la flor; 4) senescencia. En el ciclo natural del cultivo se produce una primera etapa correspondiente al receso invernal del bulbo (Beattie y White, 1993). En el Cuadro 2 se presenta la duración de cada estado de desarrollo descrito por Miller (1993). Los cvs. Navona y Fangio, que corresponden a las clases asiático e híbrido L/A, muestran un desarrollo

the program Microcal Origin (Microcal Software Inc., 2000). Once the curves were adjusted, they were derived to obtain the daily rates of accumulation or absorption.

The variance analysis and the means comparison of the data of nutrient absorption in each organ at the moment of harvest point, was made through protected minimum significant difference (MSD) (SAS Institute, 2004). Significance level used was 0.05.

RESULTS AND DISCUSSION

According to Miller (1993), during the growth of *Lilium* spp. for the production of cut flowers, four phases

Cuadro 2. Estados de desarrollo (en días después de plantación, DDP) de los cvs. de *Lilium*.

Table 2. Stages of development (in days after planting, DAP) of the cvs. of *Lilium*.

Cultivar	Elongación del tallo (DDP)	Iniciación floral (DDP)	Desarrollo de flores (DDP)	Senescencia (DDP)	Punto cosecha (DDP)
Fangio	0-28	28-43	43-85	>85	77
Navona	0-28	28-43	43-85	>85	77
Miami	0-43	43-56	56-112	>112	112

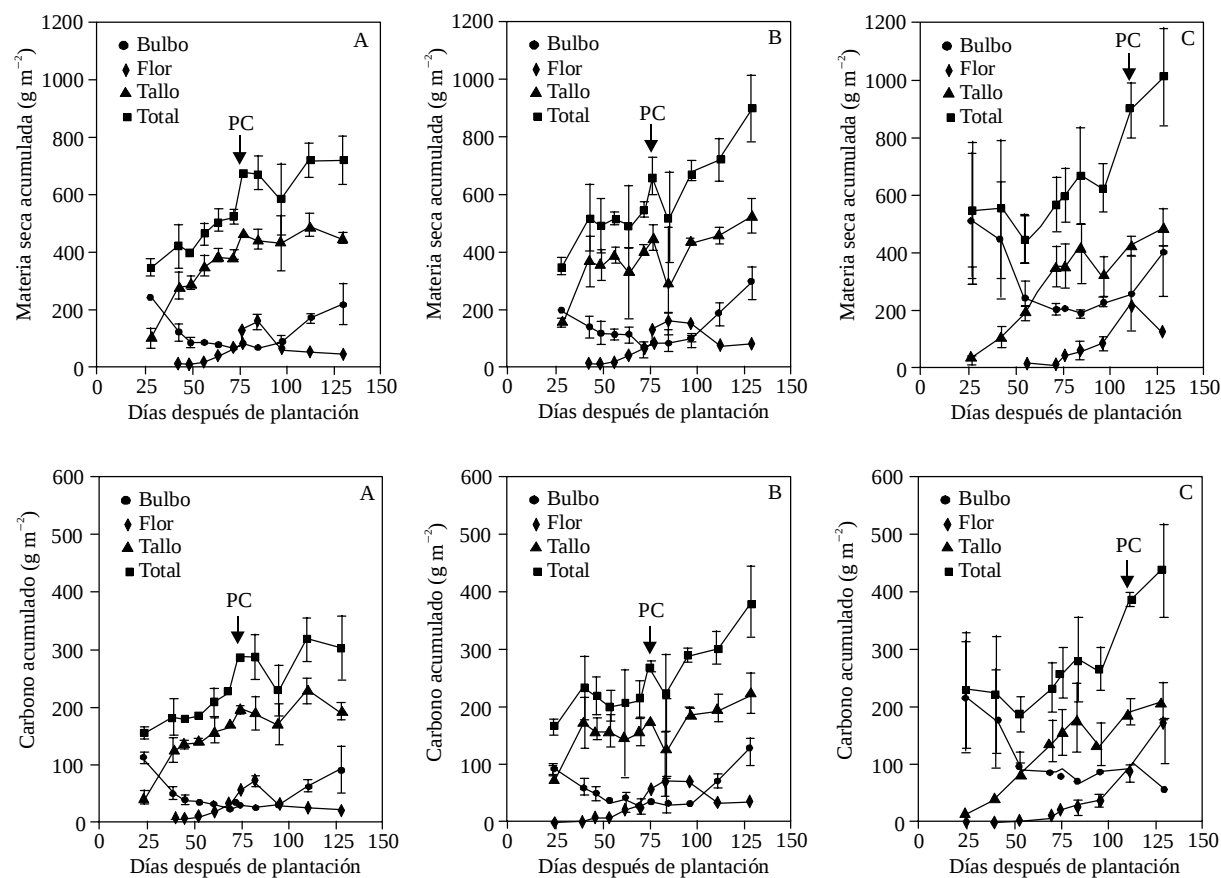


Figura 1. Curvas de acumulación de materia seca y carbono en tres cultivares de *Lilium*: A) Fangio; B) Navona; C) Miami. PC=punto de cosecha. Barras verticales representan ± 1 desviación estándar.

Figure 1. Accumulation curves of dry matter and carbon in three cultivars of *Lilium*: A) Fangio; B) Navona; C) Miami. HP=harvest point. Vertical bars represent ± 1 standard deviation.

similar y son más precoces que el cv. Miami que corresponde al tipo oriental.

En la Figura 1 se presentan las curvas de acumulación de MS y C para los tres cultivares de *Lilium*, separadas por tejido. Se observa una importante variabilidad entre fechas de muestreo y repeticiones, particularmente en MS acumulada por los tallos y hojas. Esto a pesar de que el crecimiento en altura fue bastante homogéneo, ajustándose muy bien a un modelo sigmoideo (Figura 2). El cultivar Fangio presentó la menor variabilidad, mientras que Miami fue el más variable ($p \leq 0.05$). Hasta el momento de cosecha, el cv. Miami acumuló mayor cantidad de MS y C en bulbos y flores que Fangio y Navona (Cuadro 3). Sin embargo, la MS acumulada en la parte aérea (tallos y flores), no fue diferente entre cvs. sólo hubo diferencias en la acumulación de C, que fue superior en Miami, debido a su mayor tamaño de flores (Cuadro 6).

El cv. Fangio presentó mayores tasas de crecimiento en altura y acumulación de materia seca en la parte aérea en comparación con Navona y Miami (Cuadro 3). Este último fue el de menor tasa de crecimiento ($p \leq 0.05$),

are distinguished: 1) elongation of the stem; 2) initiation of flowering; 3) development of the flower; 4) senescence. In the natural crop cycle, a first stage is produced corresponding to the winter recess of the bulb (Beattie and White, 1993). The duration of each stage of growth described by Miller (1993) is shown in Table 2. The cvs. Navona and Fangio, which correspond to the Asian and hybrid L/A classes, show a similar development and are more precocious than the cv. Miami, which corresponds to the Oriental type.

The accumulation curves of DM and C for the three *Lilium* cultivars, separated by tissue are shown in Figure 1. An important variability is observed among the dates of sampling and repetitions, particularly in DM accumulated by the stems and leaves. This variability occurs despite the fact that the growth in height was quite homogeneous, adjusting very well to a sigmoid model (Figure 2). The Fangio cultivar presented the least variability, whereas Miami was the most variable ($p \leq 0.05$). Until the moment of harvest, the cv. Miami accumulated a greater amount of DM and C in bulbs and flowers than Fangio and Navona

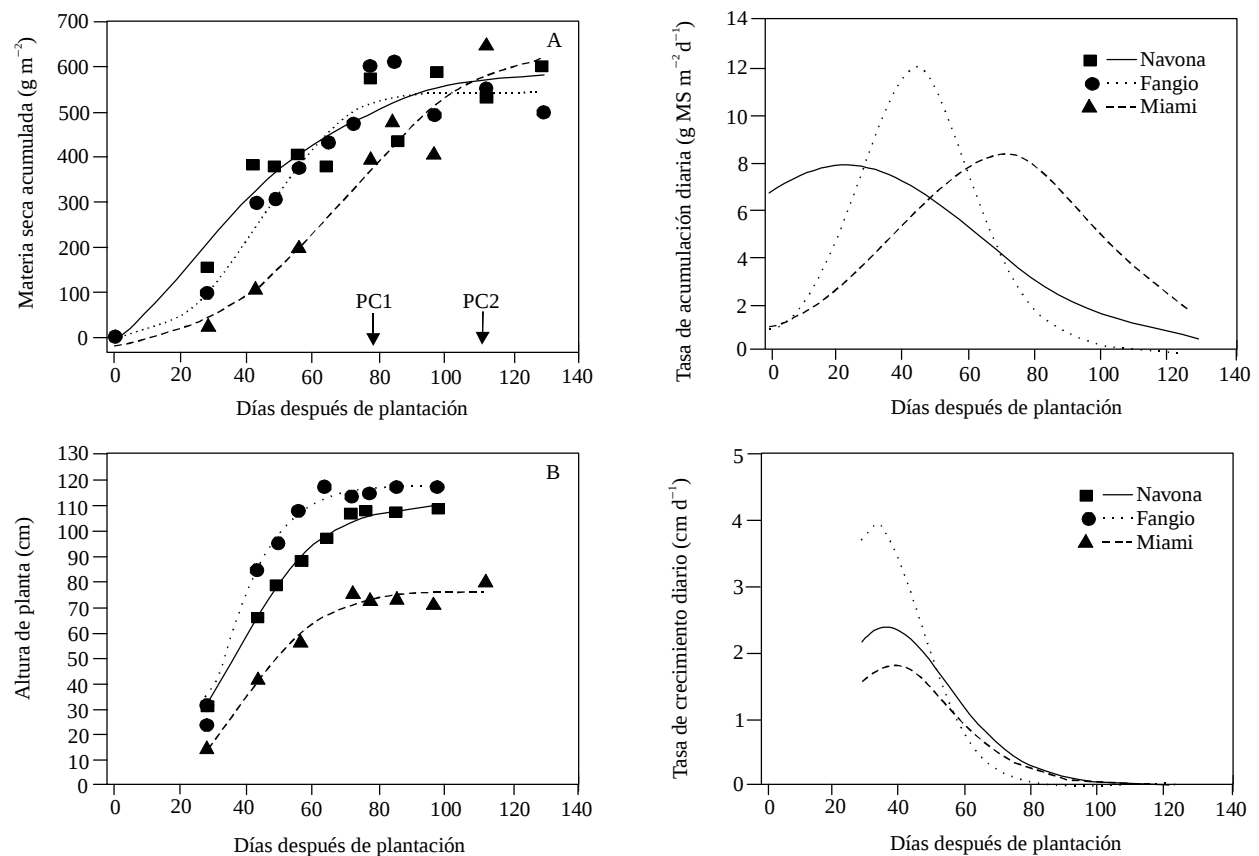


Figura 2. Materia seca y tasa de acumulación diaria en la parte aérea (A), y altura de planta y tasa de crecimiento en altura (B) en tres cultivares de *Lilium*.

Figure 2. Dry matter and daily accumulation rate in the aboveground part (A), and plant height and growth rate in height (B) in three cultivars of *Lilium*.

Cuadro 3. Materia seca y macronutrientes acumulados a punto de cosecha en tres cultivares de *Lilium*.
Table 3. Dry matter and macronutrients accumulated at harvest point in three cultivars of *Lilium*.

Fangio																
Tejido	MS		C		N		P		K		Ca		Mg		S	
	Prom. [†]	DE [‡]	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE
Bulbo	82.9	9.3	33.13	5.15	1.03	0.05	0.18	0.01	1.30	0.02	0.50	0.09	0.14	0.01	0.22	0.02
Tallo	471.1	6.8	197.13	4.86	8.39	1.48	1.08	0.18	19.95	2.24	2.86	0.34	1.13	0.17	1.33	0.11
Flor	127.9	4.6	58.68	3.06	3.11	0.11	0.36	0.02	4.78	0.16	0.41	0.04	0.20	0.02	0.37	0.02
Total	681.9	6.5	288.94	4.43	12.53	1.43	1.62	0.20	26.04	2.35	3.77	0.39	1.47	0.18	1.92	0.11
Navona																
Tejido	MS		C		N		P		K		Ca		Mg		S	
	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE
Bulbo	89.07	7.11	34.64	4.53	0.96	0.09	0.17	0.01	1.67	0.12	0.28	0.00	0.08	0.01	0.18	0.01
Tallo	452.80	12.25	179.78	1.46	5.60	1.60	0.60	0.11	12.51	1.65	1.50	0.25	0.60	0.06	1.15	0.05
Flor	122.27	44.43	56.43	5.44	3.32	0.25	0.36	0.05	4.80	0.43	0.40	0.01	0.17	0.02	0.36	0.06
Total	664.13	63.25	270.85	10.92	9.88	1.54	1.13	0.17	18.98	1.49	2.18	0.24	0.85	0.06	1.69	0.10
Miami																
Tejido	MS		C		N		P		K		Ca		Mg		S	
	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE
Bulbo	259.47	130.55	89.43	18.51	3.16	0.76	0.60	0.20	4.16	1.00	1.26	1.18	0.45	0.29	0.45	0.18
Tallo	425.20	12.86	194.85	23.21	3.81	0.54	0.81	0.11	9.98	1.23	2.95	0.21	1.04	0.19	0.86	0.06
Flor	212.27	32.91	102.73	7.86	4.95	0.45	0.52	0.05	8.26	0.62	1.16	0.18	0.57	0.05	0.50	0.06
Total	896.93	96.14	387.01	12.07	11.92	0.25	1.93	0.24	22.40	0.98	5.36	1.35	2.06	0.14	1.81	0.18
DMS [§]																
	MS		C		N		P		K		Ca		Mg		S	
Bulbo		151.20		22.77		0.88		0.24		1.16		ns		ns		0.21
Tallo		ns		ns		2.59		0.28		3.51		0.54		0.30		0.16
Flor		21.94		11.58		0.61		0.09		0.89		0.21		0.07		0.10
Total		132.96		19.45		ns		0.41		3.40		1.65		0.27		ns

[†] Promedio; [‡] desviación estándar; [§] diferencia mínima significativa protegida ($p \leq 0.05$).

como lo indicaban los antecedentes previos (Figura 2). Las máximas tasas de acumulación de MS en la parte aérea variaron entre 7.9 y 12.1 g MS m⁻² d⁻¹, para los cvs. Navona y Fangio, mientras que las máximas tasas de crecimiento en altura variaron entre 1.8 y 3.9 cm d⁻¹, para los cvs. Miami y Fangio ($p \leq 0.05$).

En todos los cvs, parte del crecimiento de la parte aérea se hizo a expensas de las reservas del bulbo, y disminuyó el contenido de C a medida que la planta crecía. La mínima acumulación de reservas de C en el bulbo ocurrió al momento de cosecha, después de la cual hubo una recuperación en los niveles de reservas, a partir de una traslocación de C desde la parte aérea hacia el bulbo (Figura 1). Según Miller (1993), la formación de escamas y engorda se inicia durante el estado de desarrollo de flores que en este caso se observó más claramente en el cv. Miami (Figura 1).

En la Figura 3 se presentan las curvas de acumulación de N, P y K en los tejidos evaluados. Como se esperaba, las curvas siguen un patrón similar a las de acumulación de MS y C. Como en el caso del C, se moviliza

(Table 3). However, the DM accumulated in the aboveground part (stems and flowers) was not different among cvs., the only differences were in the accumulation of C, which was higher in Miami, due to the larger size of the flowers (Table 6).

The cv. Fangio presented higher growth rates in height and accumulation of dry matter in the aboveground part with respect to Navona and Miami (Table 3). Miami had the lowest growth rate ($p \leq 0.05$), as indicated in the previous antecedents (Figure 2). The maximum rates of accumulation of DM in the aboveground part varied between 7.9 and 12.1 g DM m⁻² d⁻¹, for the cvs. Navona and Fangio, while the maximum growth rates in height varied between 1.8 and 3.9 cm d⁻¹, for the cvs. Miami and Fangio ($p \leq 0.05$).

In all of the cvs., part of the growth of the aboveground part occurred at the expense of the reserves of the bulb, and diminished the content of C as the plant grew. The minimum accumulation of C reserves in the bulb occurred at the moment of harvest, after which there was a recovery in the level of the reserves, after a translocation of C from

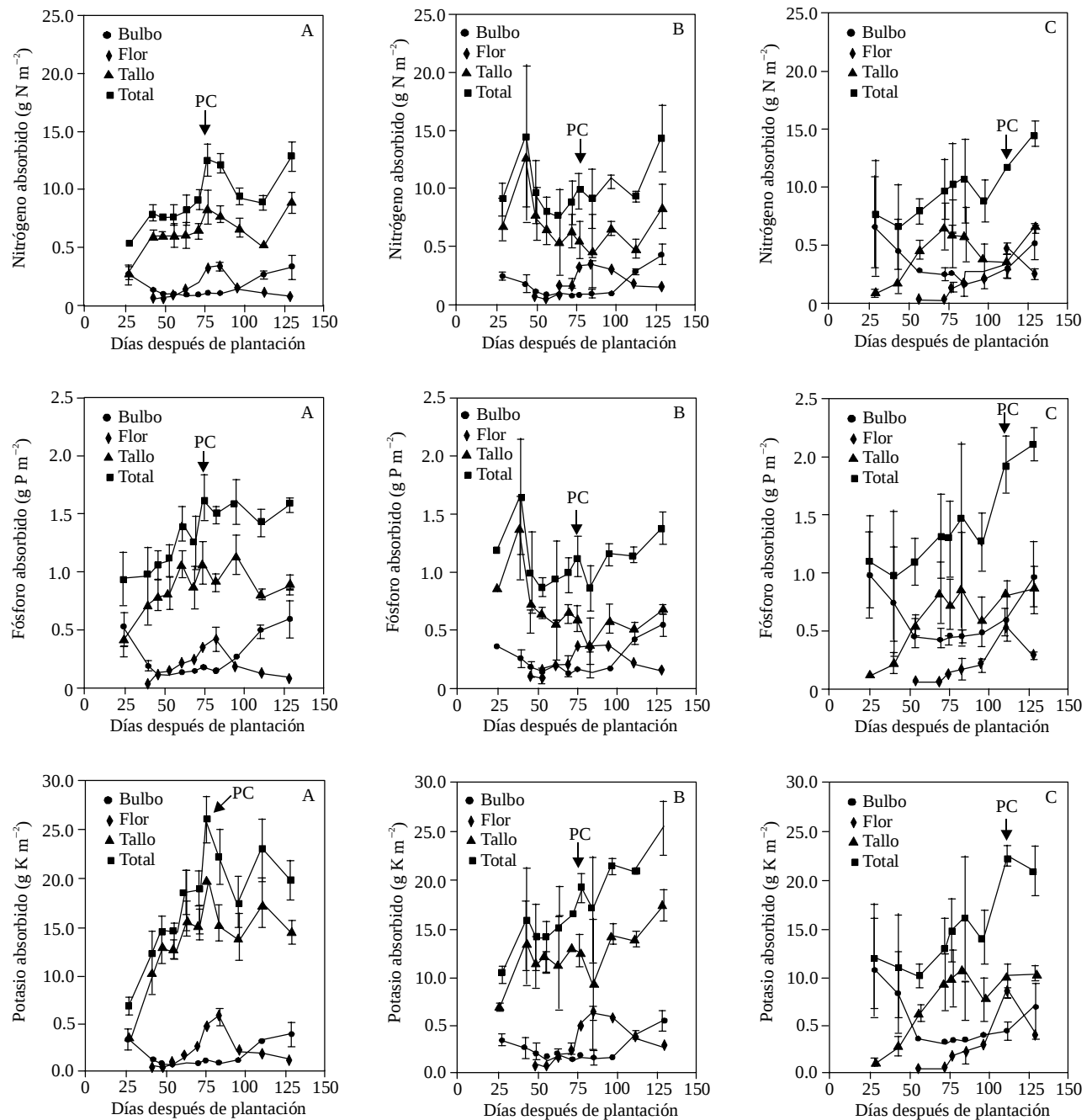


Figura 3. Curvas de acumulación de N, P y K en tres cultivares de *Lilium*: A) Fangio; B) Navona; C) Miami. PC=punto de cosecha. Barras verticales representan ± 1 desviación estándar.

Figure 3. Accumulation curves of N, P and K in three cultivars of *Lilium*: A) Fangio; B) Navona; C) Miami. HP=harvest point. Vertical bars represent ± 1 standard deviation.

N, P y K desde el bulbo hacia la parte aérea en los primeros días de crecimiento, debido que ésta es la estructura de reserva para iniciar el crecimiento del cultivo (Rees, 1992). En el cultivar Miami, el bulbo, a medida que envejece, presenta una caída más pronunciada en el contenido de nutrientes, en comparación a los cultivares Fangio y Navona, donde las variaciones son menores. La cantidad

the aboveground part towards the bulb (Figure 1). According to Miller (1993), the formation of scales and fleshiness begins during the flower development stage, which in this case was more clearly observed in the cv. Miami (Figure 1).

The accumulation curves of N, P and K in the evaluated tissues is shown in Figure 3. As was expected,

de nutrientes traslocados hacia la parte aérea va acompañada de una disminución en el peso seco de los bulbos (Haag *et al.*, 1989), como se observa en la Figura 1. Cerca del punto de cosecha, para los cvs. Navona y Fangio, la acumulación de nutrientes en el bulbo es mínima, pero a 100 DDP esta situación se revierte, produciéndose una intensa acumulación en el bulbo en formación, es decir en las escamas hijas (Haag *et al.*, 1989). Para el cv. Miami, al momento de cosecha, el bulbo ya se encuentra en la etapa de acumulación de nutrientes.

Al momento de la plantación las mayores acumulaciones de N, P y K se encuentran en el bulbo y provienen de sus reservas. Luego, cuando la parte aérea de la planta se desarrolla a través de un rápido crecimiento en altura (Figura 2), aumentando su área fotosintética y se distinguen los botones florales, los nutrientes se traslocan hacia ellos, con lo cual las flores pasan a ser el sumidero más importante.

Cerca del punto de cosecha las flores presentan la mayor acumulación de N, P y K, pero al comenzar la senescencia y si éstas no son cosechadas, los nutrientes son traslocados al bulbo, donde los contenidos nutricionales serán iguales o superiores al bulbo plantado. En un estudio (Kawagishi y Miura, 1996) el K no presentó variaciones significativas en el bulbo y en la parte aérea durante el desarrollo del cultivo. En plantas bulbosas, la demanda de N de las flores usualmente no es cubierta completamente por el órgano de reserva, y por tanto, en la producción de flores, el requerimiento interno de nitrógeno (concentración de N en la MS para la demanda total de N) debe considerar la necesidad de producir hojas y flores (Pinochet, 1999).

Hubo diferencias significativas entre los tres cultivares para los nutrientes absorbidos en los órganos a cosecha (Cuadros 3 y 4), destacando las mayores extracciones de K en la parte aérea del cv. Fangio y los menores requerimientos totales de P del cv. Navona. El cv. Miami plantado sobre sustrato presentó elevados contenidos de micronutrientes en comparación a Fangio y Navona, plantados en suelo. Este efecto posiblemente se explica por una mayor acumulación de MS en bulbos y flores, pero principalmente por una mayor disponibilidad de micronutrientes en el sustrato, producto de una mayor acidificación debido a su menor capacidad amortiguadora, provocada por la acidificación del agua de riego.

En relación a las tasas de absorción de N, P, K en la parte aérea, según los modelos sigmoideos ajustados, el cv. Navona presentó las mayores tasas de acumulación de N y P (0.48 y $0.06 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) al inicio del crecimiento, durante el período de elongación del tallo (ET). Fangio mostró la mayor tasa de absorción de K ($0.52 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) durante la iniciación floral (IF) (Cuadro 5). De acuerdo con estos antecedentes, para cv. Navona la mayor proporción de

the curves follow a pattern similar to the accumulation curves of DM and C. As in the case of C, there is mobilization of N, P and K from the bulb towards the aboveground part during the first days of growth, due to the fact that it is the reserve structure for the start of crop growth (Rees, 1992). In the Miami cultivar, as the bulb ages, it presents a more pronounced drop in the nutrient content with respect to the Fangio and Navona cultivars, in which the variations are less. The amount of nutrients translocated towards the aboveground part is accompanied by a reduction in the dry weight of the bulbs (Haag *et al.*, 1989), as is observed in Figure 1. Approaching the harvest point, for the cvs. Navona and Fangio, the accumulation of nutrients in the bulb is minimal, but at 100 DAP this situation is reverted, producing an intense accumulation in the bulb in formation, that is, in the offspring scales (Haag *et al.*, 1989). For the cv. Miami, at the moment of harvest, the bulb is already in the nutrient accumulation stage.

At the moment of planting, the greatest accumulation of N, P and K are found in the bulb and come from its reserves. Later, when the aboveground part of the plant develops through a rapid growth in height (Figure 2), increasing its photosynthetic area and when the floral buds are distinguishable, the nutrients are translocated towards them, thus the flowers become the most important deposit.

Close to the harvest point the flowers present the greatest accumulation of N, P and K, but at the onset of senescence, if they are not harvested, the nutrients are translocated to the bulb, where the nutritional contents will be equal or superior to the planted bulb. In a study (Kawagishi and Miura, 1996), the K did not present significant variations in the bulb and the aboveground part during crop development. In bulbous plants, the demand of N in the flowers is usually not covered completely by the reserve organ, and therefore, in flower production, the internal nitrogen requirement (concentration of N in the DM for the total demand of N) should consider the necessity of producing leaves and flowers (Pinochet, 1999).

There were significant differences among the three cultivars for the nutrients absorbed in the organs to harvest (Tables 3 and 4), being outstanding the greater extractions of K in the aboveground part of the cv. Fangio and the lower total requirements of P of the cv. Navona. The cv. Miami planted in substrate presented high contents of micronutrients with respect to Fangio and Navona, planted in soil. This effect is possibly explained by a greater accumulation of DM in bulbs and flowers, but mainly by a greater availability of micronutrients in the substrate, as a result of a greater acidification due to its lower buffer capacity, caused by the acidulation of the irrigation water.

Cuadro 4. Micronutrientes acumulados a punto de cosecha en tres cultivares de *Lilium*.
Table 4. Micronutrients accumulated at harvest point in three cultivars of *Lilium*.

Fangio										
Tejido	Zn		Fe		Cu mg m ⁻²		Mn		B	
	Prom. [†]	DE [‡]	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE
Bulbo	2.54	0.26	135.32	17.14	1.21	0.10	4.91	0.62	2.76	0.24
Tallo	12.88	0.30	546.07	216.50	2.20	0.56	22.47	6.50	13.82	0.31
Flor	4.11	0.66	15.79	2.60	0.21	0.07	2.31	0.34	3.06	0.17
Total	19.52	0.45	697.17	208.32	3.62	0.62	29.69	5.95	19.63	0.50
Navona										
Tejido	Zn		Fe		Cu mg m ⁻²		Mn		B	
	Prom. [†]	DE [‡]	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE
Bulbo	2.61	0.09	180.37	36.72	1.45	0.12	8.72	1.73	2.33	0.26
Tallo	12.04	0.71	838.77	377.43	4.36	2.50	33.83	6.35	11.92	1.12
Flor	4.18	0.92	10.92	0.61	0.24	0.02	4.77	0.27	3.74	0.19
Total	18.82	1.29	1030.05	362.49	6.05	2.48	47.33	4.78	17.99	1.27
Miami										
Tejido	Zn		Fe		Cu mg m ⁻²		Mn		B	
	Prom. [†]	DE [‡]	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE
Bulbo	76.96	61.12	7143.68	9581.01	37.78	38.11	245.58	314.82	77.52	57.30
Tallo	96.25	4.94	4491.01	2691.19	40.57	7.91	187.66	87.75	99.96	7.19
Flor	61.57	4.62	510.30	220.50	5.63	1.08	53.96	10.09	100.94	34.38
Total	234.78	53.63	12144.98	11932.61	83.98	45.60	487.20	389.46	278.41	26.98
DMS [§]										
Bulbo	Zn		Fe		Cu		Mn		B	
	ns		ns		ns		ns		66.10	
Tallo	5.77		3144.60		9.59		101.75		8.40	
Flor	5.49		254.36		1.25		11.65		39.66	
Total	61.88		ns		52.68		ns		31.16	

[†] Promedio; [‡] desviación estándar; [§] diferencia mínima significativa protegida ($p \leq 0.05$).

N, P, K debería aplicarse temprano, durante la ET; para Fangio y Miami debería realizarse durante la IF.

Al realizar un balance de N, P y K almacenados en el bulbo a distintas semanas después del punto de cosecha, cuando éste se deja en engorda para la próxima temporada, y sin cosechar las flores, respecto a la extracción de nutrientes en la parte aérea (tallos, hojas y flores) a cosecha (Cuadro 6), se determinó que para los tres cultivares existe un déficit que debe ser aportado por el suelo o vía fertilización. Este déficit disminuye a medida que aumentan las semanas de engorda (después de punto de cosecha), debido a un aumento del aporte de nutrientes del bulbo (Figura 4). Para el cv Miami, a las cinco semanas de engorda después de punto de cosecha el déficit de N, P y K es 10, 0 y 50%. Para el cv. Fangio, con once semanas de engorda después del punto de cosecha, el déficit alcanza 60, 40 y 80%, para N, P y K. Para el mismo tiempo de engorda de los bulbos, el déficit nutricional para el cv. Navona fue 20, 0 y 50%, para N, P y K. Según este balance, el orden de

With respect to the absorption rates of N, P, and K in the above ground part, according to the adjusted sigmoid models, the cv. Navona presented the highest accumulation rates of N and P (0.48 and $0.06 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) at the onset of growth, during the period of elongation of the stem (ES). Fangio showed the highest absorption rate of K ($0.52 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) during the floral initiation (FI) (Table 5). According to these antecedents, for cv. Navona, the higher proportion of N, P, K should be applied early, during the ES; for Fangio and Miami, it should be applied during the FI.

When a balance is made of N, P and K stored in the bulb at different weeks after the harvest point, when the bulb is left to fatten for the next season without harvesting the flowers, with respect to the extraction of nutrients in the aboveground part (stems, leaves and flowers) to harvest (Table 6), it was determined that for the three cultivars there is a deficit which should be filled by the soil or through fertilization. This deficit is reduced as the weeks of fattening pass (after the harvest point), due to

Cuadro 5. Tasas de máxima acumulación de materia seca, C, N, P y K y estado de desarrollo en que se alcanzan.
Table 5. Maximum accumulation rates of dry matter, C, N, P and K and development stage in which they are reached.

Variedad	MS		C		N		P		K	
	ED	Tasa (g m ⁻² d ⁻¹)	ED	Tasa (g m ⁻² d ⁻¹)	ED	Tasa (g m ⁻² d ⁻¹)	ED	Tasa (g m ⁻² d ⁻¹)	ED	Tasa (g m ⁻² d ⁻¹)
Fangio	DF	12.11	IF	4.65	IF	0.20	IF	0.03	IF	0.52
Navona	ET	7.95	ET	3.89	ET	0.48	ET	0.06	ET	0.32
Miami	DF	8.39	DF	3.90	IF	0.17	DF	0.02	DF	0.24

ED=estado de desarrollo; ET=elongación del tallo; IF=inicio floral; DF=desarrollo floral.

requerimiento nutricional externo es Fangio>Navona>Miami.

CONCLUSIONES

Los nutrientes que aporta el bulbo madre no son suficientes para completar el ciclo de cultivo de *Lilium* spp. para flor de corte, por lo que la fertilización, en la producción comercial de flores, es una práctica necesaria. El déficit de nutrientes es inversamente proporcional al tiempo de engorda del bulbo luego del punto de cosecha. El cálculo general de los requerimientos de fertilización puede hacerse a través de un balance entre los nutrientes extraídos en la parte aérea de la planta y aquellos acumulados en el bulbo plantado. Estos últimos pueden determinarse a través de un análisis químico del material a plantar.

Los cvs. asiáticos e híbridos L/A mostraron niveles similares de acumulación de MS y C, aunque presentaron diferencias significativas en la absorción total y tasas de absorción diaria en la mayoría de los nutrientes evaluados. El cv. oriental Miami, presentó una mayor

Cuadro 6. Materia seca y C acumulados y N, P, K extraídos en la parte aérea de la planta de *Lilium* a cosecha.

Table 6. Dry matter and C accumulated and N, P and K extracted in the aboveground part of the plant of *Lilium* to harvest.

Variedad	MS	C	N	P	K
	g m ⁻²				
Fangio	598.93 a	255.81 b	11.49 a	1.44 a	24.74 a
Navona	575.07 a	236.21 b	8.91 a	0.96 b	17.31 b
Miami	637.47 a	297.58 a	8.76 a	1.33 a	18.23 b

En cada columna, letras distintas indican diferencias ($p \leq 0.05$) entre los cvs.

an increase in the contribution of nutrients of the bulb (Figure 4). For the cv. Miami, at five weeks of fattening after the harvest point, the deficit of N, P and K is 10, 0, and 50%. For the cv. Fangio, with eleven weeks of fattening after the harvest point, the deficit reached 60, 40, and 80%, for N, P and K. For the same time of fattening of the bulbs, the nutritional deficit for cv. Navona was 20, 0 and 50%, for N, P and K. According to this

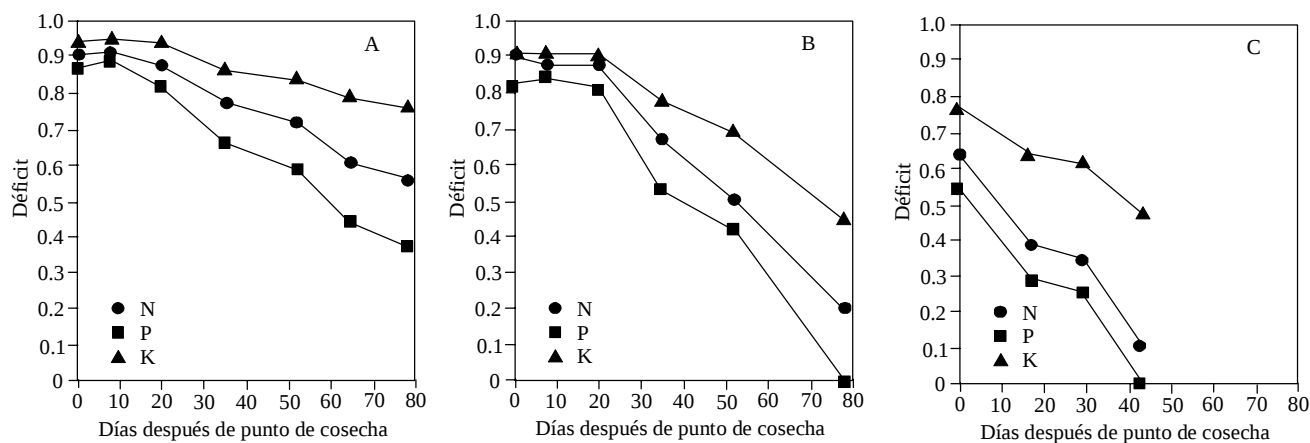


Figura 4. Déficit de N, P, K para satisfacer la extracción de nutrientes en la parte aérea (tallos, hojas y flores) en función de los días de engorda del bulbo luego del punto de cosecha en la temporada anterior, en tres cvs. de *Lilium*: A) Fangio; B) Navona; C) Miami.
Figure 4. Deficit of N, P, K to satisfy the extraction of nutrients in the aboveground part (stems, leaves and flowers) as a function of days of fattening of the bulb after the harvest point in the previous season, in three cvs. of *Lilium*: A) Fangio; B) Navona; C) Miami.

acumulación de MS y C en la planta que los cvs. asiáticos e híbridos Navona y Fangio, debido principalmente a bulbos y flores de mayor tamaño, lo que no siempre se reflejó en mayores absorciones de macronutrientes. El cv. Miami, plantado sobre sustrato, mostró mayor acumulación de micronutrientes que Fangio y Navona, plantados en suelo.

Para la producción de flores de corte, en el cv. Navona, una mayor proporción de N, P, K debería aplicarse temprano durante el estado la elongación del tallo; para Fangio y Miami, ésta debería realizarse durante la iniciación floral.

Para un programa adecuado de nutrición y fertilización en el cultivo de *Lilium* spp. para flor de corte, se debe conocer las curvas de crecimiento y absorción de nutrientes para cada cultivar, en función de su estado de desarrollo. Esto permite precisar el momento en que un nutriente es necesario, indicando la época más adecuada para suministrarlo en función de sus demandas diarias. Los datos aquí presentados pueden servir de referencia para tales propósitos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa Pacific Flowers S. A. por la entrega del material y por las facilidades necesarias para realizar esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Aimone, T. 1986. Culture notes. *Grower Talks* 50 (8): 16.
- Bañón, S., D. Cifuentes, J. Fernández, y A. González. 1993. *Gerbera, Lilium, Tulipán y Rosa*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España 250 p.
- Beck, R. 1984. The "hows" and "whys" of hybrid lilies. *Florists' Rev.* 175(4529): 22, 24, 27.
- Beattie, D., and J. White. 1993. *Lilium: hybrids and species*. In: *The Physiology of Flower Bulbs*. of Hertogh, A., and M. Le Nard (eds). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Holanda. pp: 423-454.
- de Hertogh, A., and M. Le Nard. 1993. *The Physiology of Flower Bulbs*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Holanda. 812 p.
- Haag, P., K. Minami, A. M. Pereira. 1989. *Nutrición Mineral de algunas Especies Ornamentales*. Fundación Cargill, Campinas, Brasil. 288 p.
- Kawagishi, K., and T. Miura. 1996. Changes in nutrient content of spring-planted edible Lily (*Lilium leichtlinii* Hook f. var. *maximowiczii* Backer). *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 65(2): 339-347.
- Michigan State University Extensión. 1996. *Grower guides. Potted plants*. Publication number 10000114. Disponible en: <http://www.msue.edu/msue/imp/mod10/10000114.html>. Consultado: Junio, 2004.
- Microcal Software INC, 2000. *Microcal help: curve fitting*. Northampton. Estados Unidos. pp: 509-594.
- Miller, W. 1993. *Lilium longiflorum*. In: *The Physiology of Flower Bulbs*. de Hertogh A., and M. Le Nard (eds). Elsevier Science Publishers. Amsterdam, Holanda. pp: 391-422
- Pinochet, D. 1999. Fertilización de plantas bulbosas. In: *Cultivo y Manejo de Plantas Bulbosas Ornamentales*. Seemann, P., y N. Andrade (eds). Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile,

balance, the order of external nutritional requirement is Fangio>Navona>Miami.

CONCLUSIONS

The nutrients provided by the mother bulb are not sufficient to complete the crop cycle of *Lilium* spp. for cut flower. Therefore, fertilization in commercial flower production is a necessary practice. The nutrient deficit is inversely proportional to the time of fattening of the bulb after the harvest point. The general calculation of the fertilization requirements can be made with a balance between the nutrients extracted in the aboveground part of the plant and those accumulated in the planted bulb. The latter can be determined through a chemical analysis of the material to be planted.

The cvs. Asian and hybrids L/A showed similar levels of accumulation of DM and C, although they presented significant differences in the total absorption and daily absorption rates in most of the nutrients evaluated. The cv. Oriental Miami presented a higher accumulation of DM and C in the plant than cvs. Asian and hybrids Navona and Fangio, mainly due to larger bulbs and flowers, which is not always reflected in greater absorptions of macronutrients. The cv. Miami, planted in substrate, showed a greater accumulation of micronutrients than Fangio and Navona, planted in soil.

For the production of cut flower, in the cv. Navona, a greater proportion of N, P, K should be applied early during the elongation stage of the stem; for Fangio and Miami, this should be done during floral initiation.

For an adequate program of nutrition and fertilization in the cultivation of *Lilium* spp. for cut flower, the curves of growth and nutrient absorption should be known for each cultivar, as a function of its development stage. This makes it possible to determine the moment in which a nutrient is necessary, indicating the most adequate period for its application as a function of its daily requirements. The data presented here can serve as a reference for this purpose.

—End of the English version—



- Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. pp: 123-127.
- Rees, A. R. 1992. *Ornamental Bulbs, Corms and Tubers*. Wallingford, England. 210 p.
- Sadzawka, A. 1990. *Métodos de Análisis de Suelos*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Serie La Platina N° 16. Estación Experimental La Platina. Santiago, Chile. 113 p.
- Sadzawka, A., R. Grez, M. L. Mora, N. Saavedra, y M. A. Carrasco. 2001. *Métodos de Análisis de Tejidos Vegetales*. Comisión de Normalización y Acreditación, Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, Santiago, Chile. 53 p.

SAS Institute. 2004. Sas Online Doc. Version Eight. <http://vdoc.sas.com/sashtml>. Consultado: Enero, 2004.

Schiappacasse, F. 1999. Cultivo de *Lilium*. *In*: Cultivo y Manejo de Plantas Bulbosas Ornamentales. Seemann, P., y N. Andrade (eds).

Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. pp: 34-43.

Wilkins, H., and M. Dole. 1999. Floriculture: Principles and Species. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, USA. 1040 p.