

CRECIMIENTO Y PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN PARA LISIANTHUS EN BASE A LA ACUMULACIÓN NUTRIMENTAL

GROWTH AND FERTILIZATION PROGRAM FOR LISIANTHUS BASED ON NUTRIMENTAL ACCUMULATION

Alvarado-Camarillo, D.¹; Valdez-Aguilar, L.A.^{1*}; Cadena-Zapata, M.²

¹Departamento de Horticultura y ²Departamento de Maquinaria Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

*Autor para correspondencia: luisalonso.valdez@uaaan.mx

ABSTRACT

Lisianthus is a species that complements the production of flowers and supplies the demand for ornamentals, however, as to the nutrition there is a need to propose scientifically proven fertilization rates. The objective of the present study was to model the accumulation of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg), and thus design a fertilization rate for this species. Samples were taken every 10-15 days to determine the accumulated dry biomass and nutrient content; the data were used to estimate the two- or three-segment models. Total dry matter showed a two-step pattern; in the first one there was a linear increase from the transplant to the few days after the beginning of the flowering, and later the increase had a marked change in the slope. The extraction of N, P and K showed three stages; the first was of rapid accumulation, the intermediate stage had a slower rate, and in the final stage there was a marked increase in the absorption. In contrast, the extraction of Ca and Mg exhibited a two-stage behavior. Considering an efficiency of 50%, 40%, 80%, 75% and 75% in the use of N, P, K, Ca and Mg, respectively, and a planting density of 64 m⁻² plants, the total demand (in gr m⁻²) of lisianthus was: 16.27 of N, 4.05 of P, 8.14 of K, 2.58 of Ca and 3.12 of Mg.

Keywords: *Eustoma grandiflorum*, ornamentals, nutrition, fertilizer use efficiency.

RESUMEN

El lisianthus es una especie que complementa la producción floral y abastece la demanda de ornamentales, sin embargo, en el aspecto de la nutrición existe la necesidad de proponer fórmulas de fertilización científicamente probadas. El objetivo del presente estudio fue modelar la acumulación de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en lisianthus con el objetivo de diseñar una fórmula de fertilización para esta especie. Se realizaron muestreos cada 10-15 días para determinar la biomasa seca acumulada y el contenido nutrimental; los datos se utilizaron para estimar modelos de dos o tres segmentos. La materia seca total mostró un patrón de dos etapas. En la primera etapa hubo un incremento lineal desde el trasplante hasta pocos días después del inicio de la floración, y posteriormente el incremento tuvo un marcado cambio en la pendiente. La acumulación de N, P y K mostró tres etapas; la primera fue de una rápida acumulación, la etapa intermedia tuvo una tasa más lenta, y en la etapa final se observó un incremento marcado en la absorción. En contraste, la acumulación de Ca y Mg exhibió un comportamiento diferenciado en dos etapas. Considerando una eficiencia del 50%, 40%, 80%, 75% y 75% en el uso del N, P, K, Ca y Mg, respectivamente, y una densidad de población de 64 plantas m⁻², la demanda total (en gr m⁻²) la demanda de lisianthus fue: 16.27 de N, 4.05 de P, 8.14 de K, 2.58 de Ca y 3.12 de Mg.

Palabras clave: *Eustoma grandiflorum*, ornamentales, nutrición, eficiencia de uso de fertilizantes.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 8, agosto. 2018, pp: 3-11.

Recibido: enero, 2018. **Aceptado:** junio, 2018.



MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un invernadero tipo túnel con dimensiones de 7 m de ancho y 30 m de largo, con estructura metálica y cubierta de fibra de vidrio en el campus Saltillo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (25° 22" de latitud norte, 101° 02" longitud oeste, altitud de 1742 m). La temperatura mínima y máxima promedio que se registró durante el estudio fueron de 14.3 y 27.6 °C respectivamente.

Se utilizaron plantas de lisianthus cv. Mariachi Blue, con cuatro hojas bien formadas y 8 cm de longitud, las cuales se trasplantaron el 5 de mayo de 2013 en contenedores de polietileno negro con un volumen de 10 L. Los contenedores se llenaron con una mezcla de sustrato de turba ácida y perlita en una relación 80:20 (v/v).

Para la nutrición de las plantas se utilizaron los siguientes fertilizantes: nitrato de calcio, nitrato de potasio y sulfato de magnesio, con los que se elaboró la solución nutritiva que fue preparada con agua potable considerando sus propiedades químicas para la formulación de la misma. El pH se ajustó a 6.0 ± 0.1 con ácido sulfúrico y la conductividad eléctrica fue de 2.5 dS m^{-1} . Los micronutrientes se agregaron en forma de quelato EDTA a una concentración de hierro, zinc, manganeso, y cobre de 5 ppm, 0.5 ppm, 0.01 ppm y 0.02 ppm, respectivamente.

Durante el periodo del estudio se realizaron muestreos cada 10-15 días, desde el día después de trasplante (ddt), a los, 0, 10, 25, 40, 65, 80, 95 y 110 ddt, tomando cuatro contenedores, los cuales contenían cuatro plantas cada uno. Las

INTRODUCCIÓN

En México, la producción de ornamentales bajo invernadero ha ido incrementando en los últimos años. El mercado para plantas ornamentales es impulsada por la creciente demanda de nuevos cultivos florales, como el lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn), el cual es una de las especies que complementan la producción floral (Melgares de Aguilar, 1996).

Debido a su reciente introducción, actualmente en México hay pocos productores que se dedican a este cultivo a pesar de su potencial como planta ornamental en el mercado nacional e internacional. La falta de interés para invertir en el lisianthus puede deberse a la escasa información sobre el manejo del cultivo y la nutrición, misma que se ha apoyado en la aplicación empírica de fertilizantes y basada en recomendaciones de otros países (Kampf *et al.*, 1990). En el Estado de México, el ICAMEX (2015) recomendó para esta especie una dosis de fertilización de 90-60-60 fraccionado en 45-60-60 al trasplante y 45-00-00 a los 45 días, empleando las fuentes: nitrato de amonio (138 kg ha^{-1}), superfosfato de calcio triple (130 kg ha^{-1}) y cloruro de potasio (99 kg ha^{-1}) en el trasplante, mientras que a los 45 días recomiendan aplicar solo nitrato de amonio (138 kg ha^{-1}). Sin embargo, esto puede dar pie a aplicaciones excesivas o insuficientes de fertilización, generando un manejo desequilibrado en la nutrición (Nell *et al.*, 1997).

Recientemente se ha enfatizado en el conocimiento de las necesidades precisas de fertilización demandadas por los cultivos. El concepto 4R se refiere a la aplicación de nutrientes mediante una forma, fuente, lugar y tiempo correctos; este concepto puede ayudar al manejo adecuado para la aplicación de fertilizantes y contribuir a una agricultura sostenible (Bruulsema *et al.*, 2009). Santos (2011) menciona que la clave para el diseño de un programa de fertilización eficaz consiste en determinar con precisión las cantidades de fertilizantes necesarios para complementar el suministro de nutrimentos del suelo. Sin embargo, en algunos casos, la cantidad de fertilizante aplicado podría ser mayor de lo que necesita el cultivo (Phillips *et al.*, 2009). Por ello las curvas de acumulación nutrimental son una herramienta con la cual se puede determinar los nutrimentos extraídos a través del ciclo de producción y etapas fenológicas, y conocer de esta manera la cantidad de fertilizante adecuado y el momento idóneo para realizar las aplicaciones (Molina *et al.*, 1993; Sancho, 1999).

Desafortunadamente, existe muy poca información acerca de las curvas de acumulación en especies ornamentales (Valdez-Aguilar *et al.*, 2015), lo que representa un problema para la correcta aplicación de fertilizantes por parte de los floricultores. Debido a lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivos realizar un estudio del crecimiento, desarrollo y la acumulación de nutrimentos en lisianthus para modelar la acumulación de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) que permita diseñar fórmulas de fertilización en el momento que la planta lo demanda y en la dosis adecuada.

plantas se extrajeron completamente y fueron separadas en raíz, tallo, hojas y flor. Las raíces se lavaron con agua para eliminar el exceso de sustrato. Posteriormente los órganos separados se introdujeron en un horno de secado a 70 °C por 72 h y se registró el peso de la materia seca utilizando una balanza digital.

Se determinó la concentración de macronutrientes en la planta completa (raíz, tallo, hoja e inflorescencia). Para ello, los tejidos se digitaron en una mezcla de 2:1 de H₂SO₄:HClO₄ y 2 mL de H₂O₂ al 30% y las muestras digeridas fueron analizadas para P, K, Ca y Mg con espectrómetro de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES, model Liberty, VARIAN, Santa Clara, CA) (Soltanpour et al., 1996). La concentración de N se determinó con el procedimiento de micro Kjeldahl (Bremner, 1996).

Con los datos de materia seca y la concentración se determinó la acumulación de nutrimentos. Cada uno de los cuatro contenedores con cuatro plantas fue considerado como una repetición en cada muestreo. Los datos de la materia seca y acumulación nutrimental fueron utilizados para estimar los modelos de dos o tres segmentos con el programa Sigma Plot 12.5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron tres fases fenológicas en lisianthus, las cuales se presentaron de la siguiente manera: 1) la fase vegetativa para el establecimiento de la planta, la cual correspondió desde trasplante hasta el inicio de la elongación de tallo, y fue observada desde el trasplante hasta los 25 días después del trasplante (ddt); 2) la fase de elongación de tallo, misma que se observó desde los 25 hasta los 90 ddt; y 3) la fase de floración, la cual se presentó desde los 90 hasta los 110 ddt.

Altura de planta y longitud de raíz

El desarrollo de la altura mostró un comportamiento trifásico, en el cual se detectó un incremento muy lento en los primeros 25 ddt (Figura 1), durante la cual se presentó la salida de la fase de arrosamiento (Dole y Wilkins, 2005); sin embargo, posteriormente se presentó una etapa de rápida elongación que fue de los 25 hasta los ~40 ddt. Finalmente, en la tercera fase se observó una elongación constante del tallo, la cual se mantuvo hasta el momento de la cosecha.

La lenta elongación de la parte aérea de la planta en la etapa inicial estuvo asociada con una elongación pro-

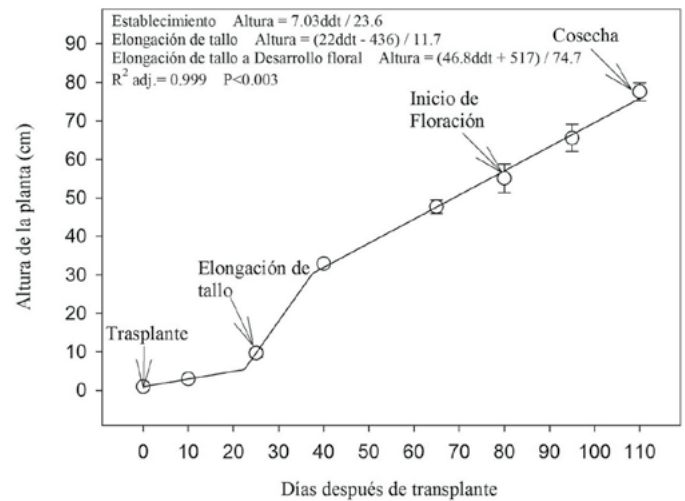


Figura 1. Altura de la parte aérea de lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn] cv. Mariachi Blue. Se incluyen los modelos estimados para las tres fases detectadas, ddt=días después del trasplante. Si $ddt < 22.4$ usar el modelo para establecimiento; si $22.4 < ddt < 37.5$ usar el modelo para elongación de tallo; si $ddt > 37.5$ usar el modelo para desarrollo de flores. Las barras indican el error estándar de la media ($n=4$).

porcional en la raíz, pues en los primeros 25 y 40 ddt ésta alcanzó profundidades de 12.2 y 28.9 cm, respectivamente, mientras que la altura de planta fue de 9.7 y 32.9 cm (Figura 2). Sin embargo, si se considera la elongación total que alcanzaron ambos órganos al final del estudio, la parte aérea alcanzó durante los primeros 40 días el 42% de la altura final, mientras que en el caso de la raíz fue el 68%. Lo anterior sugiere que en los primeros 40 días, el lisianthus concentra más su crecimiento en la exploración del sustrato mediante la elongación de la

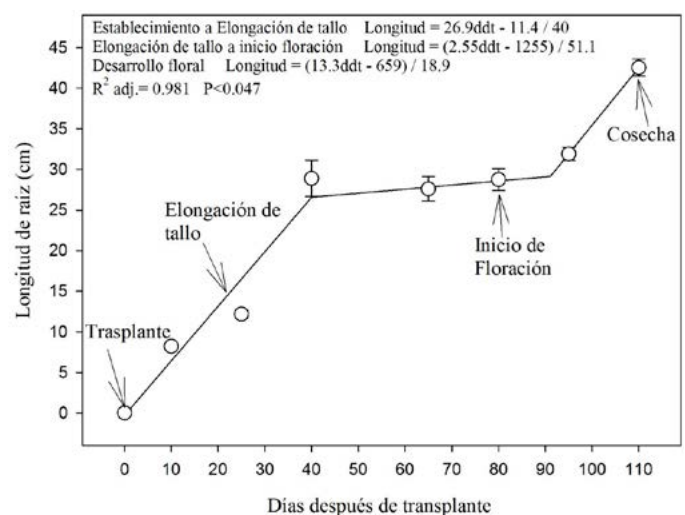


Figura 2. Longitud de la raíz de lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn] cv. Mariachi Blue. Se incluyen los modelos estimados para las tres fases detectadas; ddt=días después del trasplante. Si $ddt < 40$ usar el modelo para establecimiento; si $40 < ddt < 91$ usar el modelo para elongación de tallo; si $ddt > 91$ usar el modelo para desarrollo de flores. Las barras indican el error estándar de la media ($n=4$).

raíz. Después de la fase inicial de rápida elongación de la raíz continúa una etapa, que va de los 40 a los 95 ddt, en la cual la raíz prácticamente detiene su crecimiento en términos de longitud (Figura 2). Sin embargo, después del inicio de la floración, la elongación de la raíz se reinicia.

Acumulación de biomasa

De acuerdo a los modelos estimados, la acumulación de materia seca total mostró un patrón de dos etapas; en la primera se observó un incremento lineal durante las fases comprendidas entre el trasplante y pocos días después del inicio de la floración (Figura 3), en tanto que posterior a los 93 ddt, el incremento continúa siendo lineal, pero con un marcado incremento en la pendiente, lo que indica un aumento en la tasa de acumulación de materia seca (Figura 3).

Sin embargo, se observó que entre los muestreos realizados a los 65 y 80 ddt hubo una detención en la acumulación de biomasa tanto en la raíz como en el tallo y las hojas (Figura 4), por lo que la acumulación de biomasa total en esa etapa se debió al desarrollo de las flores. Este comportamiento de la planta sugiere que justo antes del inicio de la formación de flores los fotosintatos producidos ya no son acumulados en los órganos vegetativos, por lo que estos serían translocados hacia la formación de las flores.

La detención en la acumulación de biomasa en órganos vegetativos fue precedida por una detención en la elongación de la raíz detectada desde los 40 ddt (Figura 2), la cual estuvo asociada con una acumulación margi-

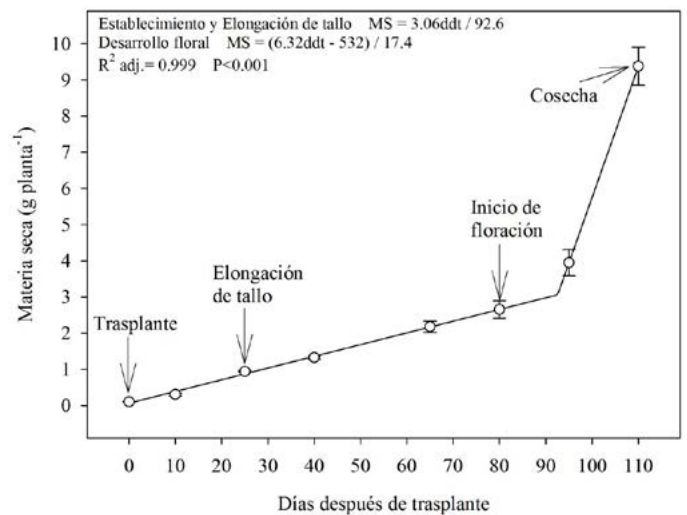


Figura 3. Acumulación de materia seca total (MS) de lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn] cv. Mariachi Blue. Se incluyen los modelos estimados para las dos fases de acumulación de biomasa detectadas; ddt=días después del trasplante. Si $ddt < 92.6$ usar el modelo para establecimiento y elongación; si $ddt > 92.6$ usar el modelo para desarrollo de flores. Las barras indican el error estándar de la media ($n=4$).

nal de biomasa en ese órgano durante los días 40 y 80 ddt, pero al reanudarse la elongación radical después del inicio de la floración también se reanuda la acumulación de biomasa, lo cual también es observado en el tallo principalmente, y en menor medida en las hojas (Figura 4). Esto trajo consigo que la mayor acumulación de biomasa en hojas y tallos se presentó entre los 80 y 110 ddt, desde mediados de la fase de elongación hasta la floración, de un 110% y 207% de la materia seca total, respectivamente, mientras que la biomasa de raíz registró una acumulación del 192%.

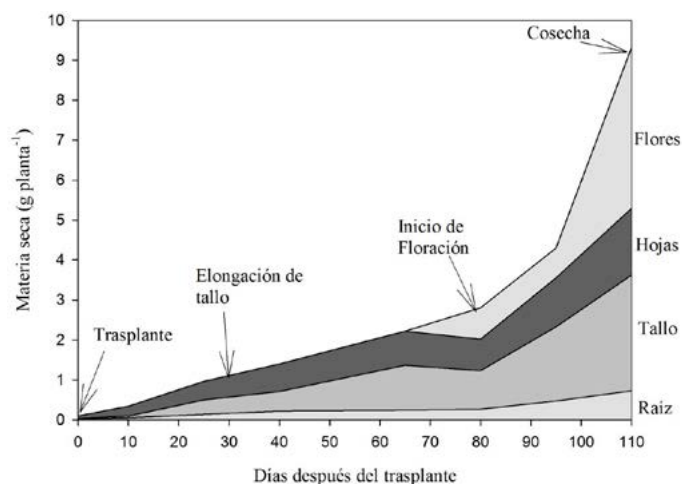


Figura 4. Acumulación de materia seca por órganos en lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn] cv. Mariachi Blue.

Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados por Castillo-González *et al.* (2017) en lisianthus, ya que los autores reportan un incremento del 110% en la biomasa de la raíz y de 208% en la parte aérea entre el 90 y 140 ddt. En crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) también se han reportado resultados similares, aunque el incremento de la biomasa se detecta desde el inicio de los días cortos, lo que de alguna manera también está asociado con el inicio de la floración en esa especie (Valdez-Aguilar *et al.*, 2015). En contraste, en plantas de nochebuena de sol (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) se ha reportado que la biomasa se va incrementando sin cambios sustanciales en la tasa de acumulación durante todo el ciclo de desarrollo, pues esta se mantiene constante (Galindo-García *et al.*, 2015).

Acumulación nutrimental

La acumulación de N (Figura 5), P (Figura 6) y K (Figura 7) también mostró un comportamiento en tres etapas, al igual que la altura de la parte aérea (Figura 1) y la elongación de la raíz (Figura 2). La primera etapa fue de una rápida acumulación de estos nutrimentos, la cual se presentó durante la fase de establecimiento, o bien, del establecimiento hasta la parte inicial de la elongación de tallo. Esta primera fase fue observada hasta los 25 ddt para el caso del N (Figura 5), hasta el día ~50 ddt para el P (Figura 6), y hasta el día ~40 ddt para el caso del K (Figura 7). La alta tasa de acumulación de N (Figura 5), P (Figura 6) y K (Figura 7) durante la fase del establecimiento puede ser debido a una alta afinidad por estos nutrimentos ya que ni la tasa de elongación ni la tasa de acumulación de biomasa de las raíces estuvieron asociadas con la tasa de asimilación de N y K (Figura 8). Las mismas tendencias se observaron para P, Ca y Mg (datos no mostrados).

En crisantemo se ha reportado que la acumulación de N, P, K, Ca y Mg sigue un patrón muy similar a la acumulación de biomasa (Valdez-Aguilar et al., 2015), lo cual coincide con lo reportado por Liu et al. (2009), quienes indican que el aumento en la acumulación de materia seca es linealmente proporcional a la absorción y acumulación de nutrimentos en esa especie. En contraste, en nochebuena de sol la acumulación de nutrimentos siguió un patrón cuadrático en el que al final del ciclo de

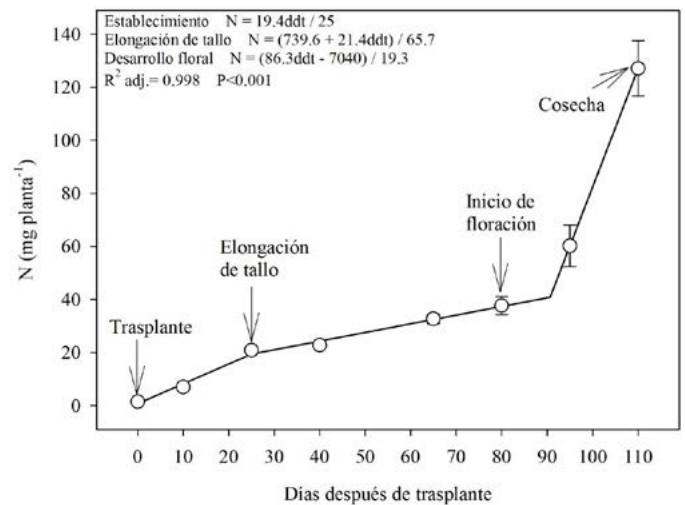


Figura 5. Acumulación de nitrógeno (N) en lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn] cv. Mariachi Blue. Se incluyen los modelos estimados para las tres etapas de acumulación del nutrimento. ddt=días después del trasplante. Si $ddt < 25$ usar el modelo para establecimiento; si $25 < ddt < 90.6$ usar el modelo para elongación de tallo; si $ddt > 90.6$ usar el modelo para desarrollo de flores. Las barras indican el error estándar de la media ($n=4$).

desarrollo se reduce la tasa de acumulación (Galindo-García et al., 2015).

Posterior a la etapa inicial de rápida acumulación de N, P y K, se presentó una etapa intermedia en la cual continúa la acumulación nutrimental pero a una tasa más lenta, detectada por un cambio en la pendiente. Esta fase intermedia comprendió, de acuerdo a los modelos, desde

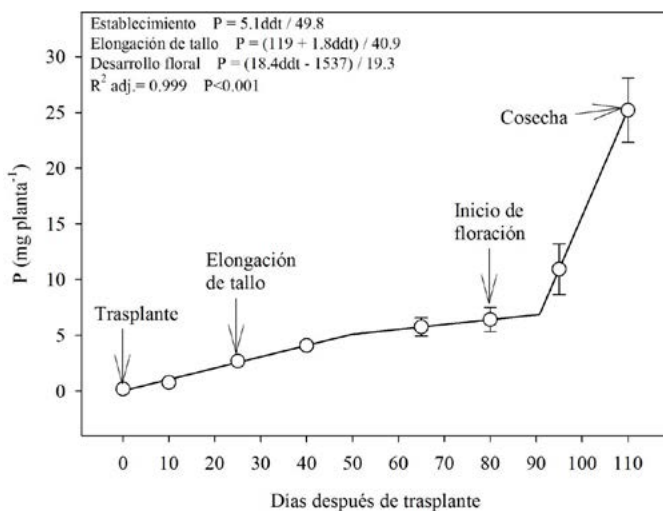


Figura 6. Acumulación de fósforo (P) en lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn] cv. Mariachi Blue. Se incluyen los modelos estimados para las tres etapas de acumulación del nutrimento. ddt=días después del trasplante. Si $ddt < 49.8$ usar el modelo para establecimiento; si $49.8 < ddt < 90.7$ usar el modelo para elongación de tallo; si $ddt > 90.7$ usar el modelo para desarrollo de flores. Las barras indican el error estándar de la media ($n=4$).

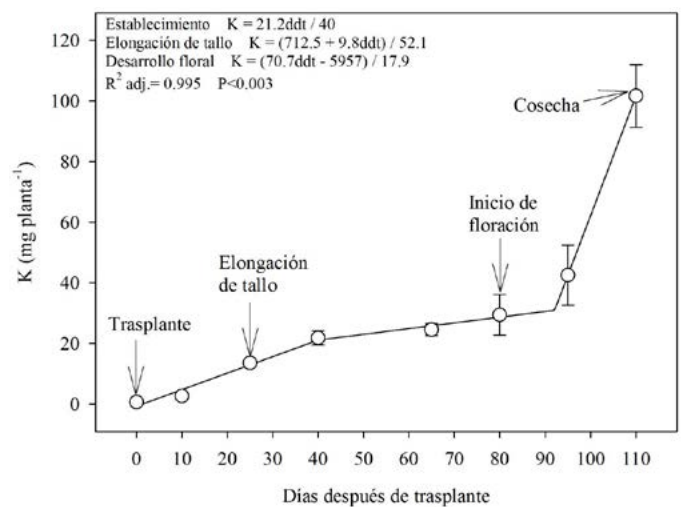


Figura 7. Acumulación de potasio (K) en lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn] cv. Mariachi Blue. Se incluyen los modelos estimados para las tres etapas de acumulación del nutrimento. ddt=días después del trasplante. Si $ddt < 40$ usar el modelo para establecimiento; si $40 < ddt < 92.1$ usar el modelo para elongación de tallo; si $ddt > 92.1$ usar el modelo para desarrollo de flores. Las barras indican el error estándar de la media ($n=4$).

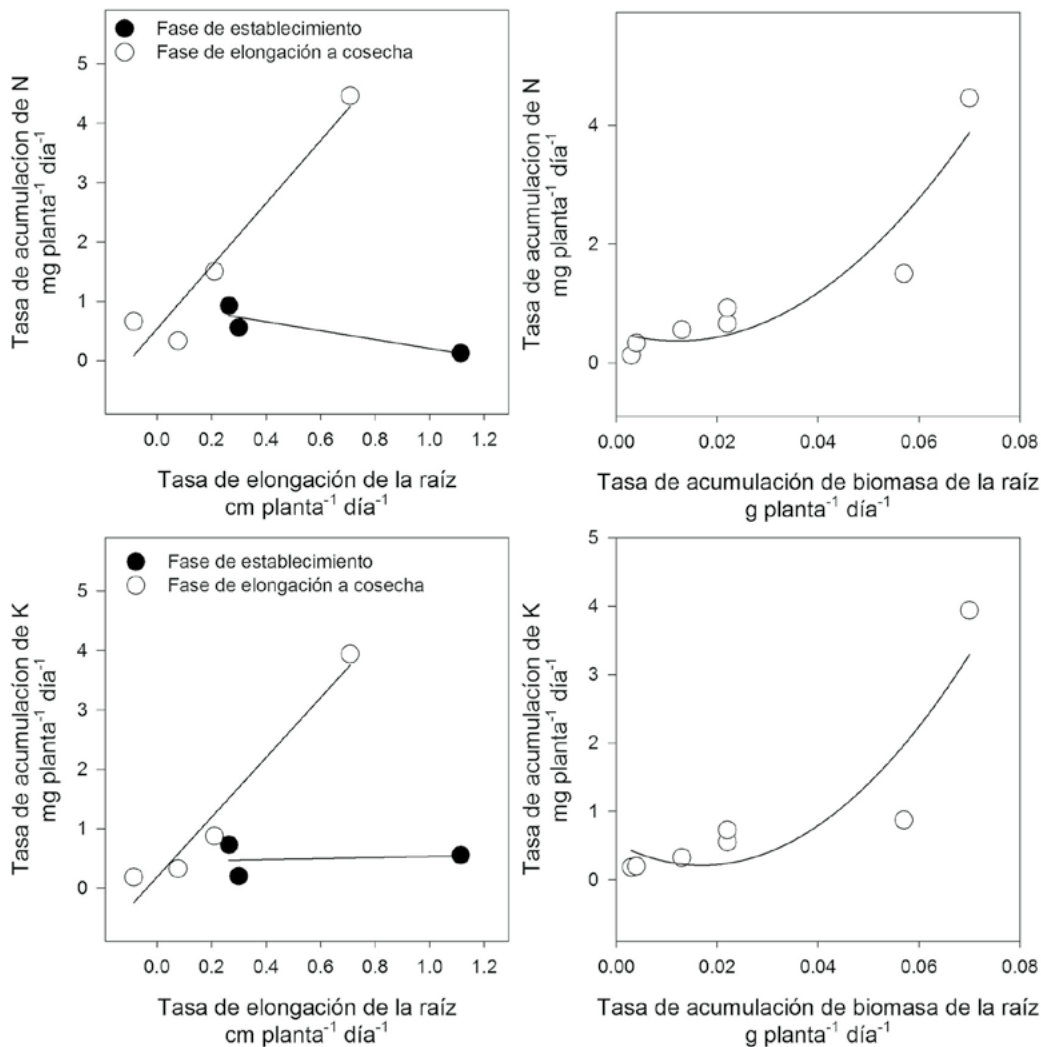


Figura 8. Relación entre la tasa de elongación y acumulación de biomasa en las raíces con la tasa de acumulación de nitrógeno (N) y potasio (K) en *lisianthus* [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn] cv. Mariachi Blue.

el día 25 ddt en el caso del N (Figura 5) y desde el día ~50 para el P (Figura 6), hasta el día ~91 ddt en ambos nutrimentos, en tanto que en el caso del K esta se observó desde el día ~40 ddt hasta el día ~92 ddt (Figura 7). La disminución en la tasa de acumulación de N, P y K en la etapa intermedia puede estar asociado con la detención en la elongación de la raíz observada en la misma fase fenológica (Figura 2), y puesto que en esa misma etapa se presenta un alta acumulación de biomasa en hojas y tallos (Figura 4), la reducción en la acumulación de biomasa en raíces así como en la detención de su elongación puede deberse a que las reservas de carbohidratos producidos por la planta sean dirigidos hacia la parte aérea en lugar de las raíces, lo que sugiere que los fotosintatos fueron utilizados más hacia el crecimiento de los órganos vegetativos, causando una menor disponibilidad de energía para la absorción nutrimental (Cabrera *et al.*, 1995).

Posterior a la etapa intermedia siguió una etapa final que comprendió desde el desarrollo de la inflorescencia hasta la cosecha, y en la cual la absorción de N (Figura 5), P (Figura 6) y K (Figura 7) mostró un incremento marcado. Este incremento estuvo también asociado con el reiniciación en la elongación de la raíz (Figura 2) y acumulación de reservas en la misma (Figura 4), lo que se comprueba por la relación directa entre la tasa de elongación durante la fase de elongación hasta la cosecha y la acumulación de biomasa de la raíz con la tasa de acumulación de N y K en la planta (Figura 8).

La alta demanda de N en la etapa inicial puede deberse a que este nutrimento es el principal constituyente de las proteínas fijadoras del CO₂ y la clorofila, requeridos para la formación de nuevas hojas, mientras que el P y el K juegan un papel importante la formación de raíces y en la turgencia y expansión celular, respectivamente

(Hawkesford et al., 2012). La reducción en la tasa de acumulación de estos elementos durante la etapa intermedia no estuvo asociado con una detención en la elongación de la parte aérea (Figura 1), lo cual sugiere que los nutrientes ya acumulados anteriormente se retranslocaron hacia los órganos en desarrollo. En la etapa final se demanda nuevamente altas cantidades de N, P y K, probablemente debido a la reanudación en la elongación de las raíces (Figura 2), lo que se observa también con una asociación entre el aumento en la tasa de elongación y acumulación de biomasa de las raíces con el aumento en la tasa de absorción de N y K (Figura 8).

En contraste con la acumulación de N, P y K, la de Ca (Figura 9) y Mg (Figura 10) exhibieron un comportamiento diferenciado solo en dos etapas, muy similar a la de acumulación de materia seca (Figura 3). La primera etapa abarcó desde la fase vegetativa hasta después del inicio de la floración, llegando hasta el día ~92 ddt en el caso del Ca (Figura 9) y el día ~94 ddt para en Mg (Figura 10). Posteriormente, de la etapa inicial siguió una etapa final que comprendió hasta la cosecha de las flores, y en la cual la absorción de Ca y Mg mostró un incremento marcado, pero en menor grado que los incrementos observados para el N, P y K (Figuras 5, 6 y 7). Este comportamiento de lisianthus en cuanto a la diferente forma de acumulación de Ca y Mg en comparación con la de N, P y K no fue detectado en otras ornamentales como el crisantemo (Valdez-Aguilar et al., 2015) ni nochebuena de

sol (Galindo-García et al., 2015). En otros estudios realizados en lisianthus por Castillo-González et al. (2017) no se puede detectar este comportamiento debido a que los muestreos se realizaron en diferentes intervalos después del trasplante en comparación con los intervalos realizados en el presente estudio.

Programa de fertilización

Generalmente, en los programas de fertilización se indica que el mayor suministro de nutrientes deben ser aplicados en la fertilización de fondo mientras que el último suministro debe aplicarse al inicio la floración (ICAMEX, 2015). Sin embargo, se ha demostrado en otras especies, como el crisantemo, que en la fase vegetativa (1 a 25 ddt) se tiene un requerimiento mínimo de nutrientes (Valdez-Aguilar et al., 2015), por lo que es innecesaria la fertilización de fondo con elevadas cantidades.

En función de los modelos estimados en el presente estudio es posible determinar un programa de fertilización de acuerdo a la fase de crecimiento en lisianthus. En resumen, la mayor parte de acumulación de N, P, K, Ca y Mg se registró en los últimos 30 días del ciclo del cultivo, etapa comprendida desde el inicio de inicio de floración hasta la cosecha de flores, pues del total absorbido por la planta durante todo el crecimiento, un 61%, 65%, 61%, 59% y 60% de toda la acumulación de tales nutrientes, respectivamente, fue acumulado en esta etapa.

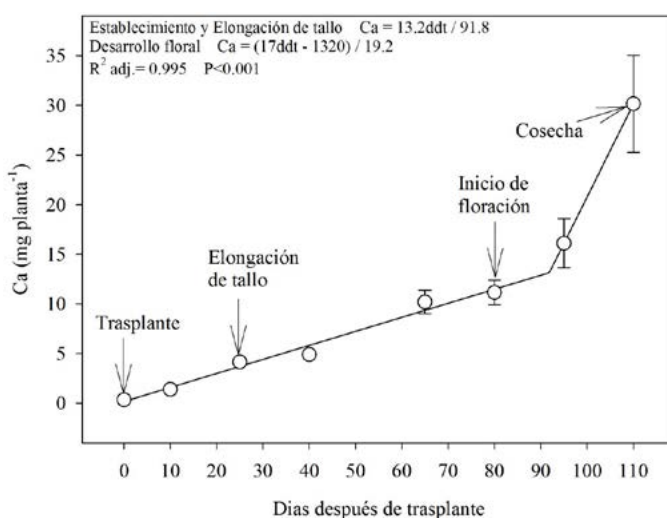


Figura 9. Acumulación de calcio (Ca) en lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn] cv. Mariachi Blue. Se incluyen los modelos estimados para las dos etapas de acumulación del nutriente. ddt=días después del trasplante. Si ddt<91.8 usar el modelo para establecimiento y elongación; si ddt>91.8 usar el modelo para desarrollo de flores. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).

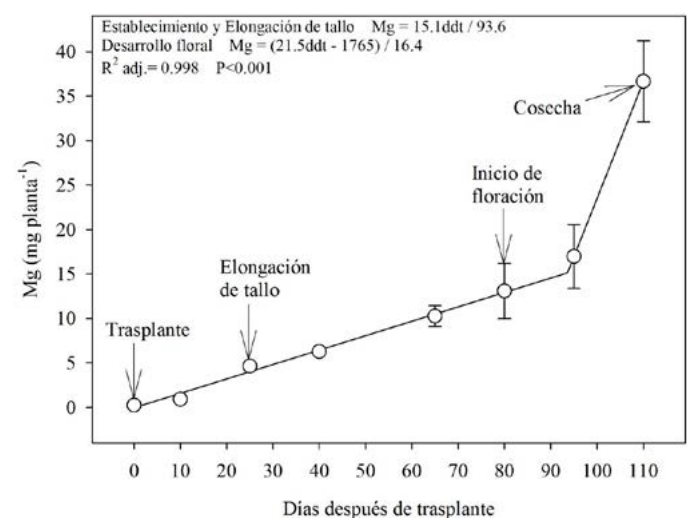


Figura 10. Acumulación de magnesio (Mg) en lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn] cv. Mariachi Blue. Se incluyen los modelos estimados para las dos etapas de acumulación del nutriente. ddt=días después del trasplante. Si ddt<93.6 usar el modelo para establecimiento y elongación; si ddt>93.6 usar el modelo para desarrollo de flores. Las barras indican el error estándar de la media (n=4).

Un programa de fertilización debe considerar, además de la demanda del cultivo, la eficiencia en el uso de los nutrimentos, mismo que está relacionado con el nivel de tecnología con que se cuente y la densidad de población. Tomando esto en cuenta, el programa calculado permite definir que la dosis de fertilización debe ser mayor para N, P y K en las primeras 3, 7 y 5 semanas después del trasplante (Cuadro 1), respectivamente, la cual debe mantenerse constante durante este lapso de tiempo. Sin embargo, después de estas semanas iniciales y hasta la semana 13, la planta continúa extrayendo estos nutrimentos pero la dosis a suministrar es menor (Cuadro 1). Finalmente, de la semana 14 a la 16 se incrementa la demanda de N, P, y K, por lo que se requiere la aplicación de la mayor cantidad de estos nutrimentos (Cuadro 1).

En el caso del Ca y Mg, la aplicación de estos elementos debe mantenerse constante desde el trasplante hasta la semana 13 ddt, mientras que, similar al N, P y K, en las últimas tres semanas, la dosis a emplear de estos es mayor (Cuadro 1).

Considerando una densidad de población de 64 plantas m^{-2} , la aplicación durante todo el ciclo de crecimiento de *lisianthus* debe ser de 16.27 $g\ m^{-2}$ N, 4.05 $g\ m^{-2}$ P, 8.14 $g\ m^{-2}$ K, 2.58 $g\ m^{-2}$ Ca y 3.12 $g\ m^{-2}$ Mg, por lo que el orden de requerimiento de estos nutrimentos para esta especie ornamental es: N>K>P>Mg>Ca.

En comparación con crisantemo (Valdez-Aguilar *et al.*, 2015), el *lisianthus* mostró una mayor demanda de fertilización inicialmente pues la acumulación de nutrimentos es mayor. Sin embargo, posteriormente la demanda de fertilización disminuye al final del ciclo de cultivo en comparación con la de crisantemo.

CONCLUSIONES

En relación a todos los nutrimentos analizados en el presente estudio, se puede concluir que en la fase de establecimiento de la planta hay una mayor acumulación de N por parte del *lisianthus*, pero posteriormente esta disminuye para aumentar la de K. Durante el desarrollo de las flores, se incrementa la de Ca y Mg. Posterior a la fase de elongación del tallo, la tasa de acumulación de nutrientes estuvo asociada con la tasa de elongación y de acumulación de biomasa en las raíces. La biomasa se acumula principalmente después del inicio de la floración, lo que estuvo asociado con una reanudación en la elongación de las raíces y la acumulación de nutrimentos. La mayor acumulación de los nutrimentos evaluados se presenta en los últimos 30 días del ciclo. Considerando una eficiencia del 50%, 40%, 80%, 75% y 75% en el uso del N, P, K, Ca y Mg, respectivamente, y una densidad de población de 64 plantas m^{-2} , la demanda total de nutrimentos (en $gr\ m^{-2}$) la demanda de *lisianthus* fue: 16.27 de N, 4.05 de P, 8.14 de K, 2.58 de Ca y 3.12 de Mg.

Cuadro 1. Programa de fertilización semanal en base a los modelos de acumulación nutrimental en *lisianthus*. Los cálculos fueron realizados considerando una densidad de 64 plantas por m^{-2} (12 $cm \times 12\ cm$) y una eficiencia del 50%, 40%, 80%, 75% y 75% en el uso del nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), respectivamente.

Semana	N	P	K	Ca	Mg
	$g\ m^{-2}$				
1	0.70	0.11	0.30	0.09	0.10
2	0.70	0.11	0.30	0.09	0.10
3	0.70	0.11	0.30	0.09	0.10
4	0.52	0.11	0.30	0.09	0.10
5	0.29	0.11	0.30	0.09	0.10
6	0.29	0.11	0.24	0.09	0.10
7	0.29	0.11	0.11	0.09	0.10
8	0.29	0.06	0.11	0.09	0.10
9	0.29	0.05	0.11	0.09	0.10
10	0.29	0.05	0.11	0.09	0.10
11	0.29	0.05	0.11	0.09	0.10
12	0.29	0.05	0.11	0.09	0.10
13	0.29	0.05	0.11	0.09	0.10
14	4.17	1.11	1.88	0.50	0.53
15	4.01	1.07	2.21	0.56	0.78
16	2.86	0.76	1.58	0.40	0.56
Total	16.27	4.05	8.14	2.58	3.12

LITERATURA CITADA

Bremner J. M. 1996. Total nitrogen. *In*: Sparks D. L. (ed), *Methods of soil analysis Part III Chemical Methods*, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison WI, USA. 1085-1086pp.

Bruulsema T., Lemunyon J., Herz B. 2009. Know your fertilizer rights. *Crops & Soils* 42: 13-18.

Cabrera R. I., Evans R. Y., Paul J. L. 1995. Cyclic nitrogen uptake by greenhouse roses. *Scientia Horticulturae* 63: 57-66.

Castillo-González A. M., Avitia-García E., Valdez-Aguilar L. A., Velázquez-Maldonado J. 2017. Extracción nutrimental en *lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn) cv. Mariachi Pink. México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8: 345-354.

Dole M. J., Wilkins F. H. 2005. *Floriculture, Principles and Species*. Second Edition. Pearson Prentice. New Jersey. 1023 p.

Galindo-García D. V., Alia-Tejagal, I, Valdez-Aguilar L. A., Colinas-León M. T., Villegas-Torres O. G.; López-

- Martínez V., Sainz-Aispuro M. J., Guillén-Sánchez D. 2015. Extracción de macronutrientes y crecimiento en variedades de nochebuena de sol nativas de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38: 305-312.
- ICAMEX (Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuicola y Forestal del Estado de México). 2015. *Lisianthus*. Disponible en: <http://icamex.edomex.gob.mx/lisianthus>.
- Kampf E., Bajak E., Jank M. 1990. Do Brasil no mercado internacional de flores e plantas ornamentais. *Informe-GEP/DESR*. 3: 3-11.
- Liu D., Guo L., Zhu D., Liu W., Jin H. 2009. Characteristics of accumulation and distribution of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium in *Chrysanthemum morifolium*. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi* 34: 2444-2448.
- Hawkesford M., Horst W., Kichey T. M. R., Schjørring J. K., Møller I. S., Whit P. 2012. Functions of macronutrients, p. 135-189. *In*: P. Marschner (Ed.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier Science, USA.
- Melgares de Aguilar J. 1996. El cultivo de *Lisianthus*: I parte. *Horticultura* 113: 13-16.
- Molina E., Salas R., Castro A. 1993. Curva de crecimiento y absorción de nutrientes en fresa (*Fragaria xananassa* Duch. cv. Chandler) en Alajuela. *Agronomía Costarricense* 17: 67-73.
- Nell T., Barret J., Leonard R. 1997. Production factor affecting post production quality of flowering potted plants. *HortScience* 32: 817-819.
- Phillips S. B., Cemberato J. J., Leikam D. 2009. Selecting the right fertilizer rate: A component of 4R nutrient stewardship. *Crops and Soils* 42: 14-17.
- Sancho V. H. 1999. Curvas de absorción de nutrientes: importancia y usos en los programas de fertilización. *Instituto de la Potasa y el Fósforo. Informaciones Agronómicas* 36. Quito, Ecuador.
- Santos B. M. 2011. Selecting the right nutrient rate: Basis for managing fertilization programs. *HortTechnology* 6: 683-685.
- Soltanpour P. N., Johnson G. W., Workman S. M., Jones J. B., Miller R. O. 1996. Inductively coupled plasma emission spectrometry and inductively coupled plasma-mass spectrometry. *In*: D. L. Sparks (ed), *Methods of soil analysis Part 3 Chemical methods*, Soil Science Society of America. Madison WI, USA 91-139 pp.
- Valdez-Aguilar L. A., Hernández-Pérez A., Alvarado-Camarillo D., Cruz-Altunár Á. 2015. Diseño de un programa de fertilización para crisantemo en base a extracción de macronutrientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 12: 2363-2376.

