

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Extracción de Macronutrientos en Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.)  
Shinn.) cv. Mariachi Blue Cultivado en Invernadero

Por:

**NIDIA NEYDI PÉREZ VÁZQUEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Extracción de Macronutrientes en Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.)  
Shinn.) cv. Mariachi Blue Cultivado en Invernadero

Por:

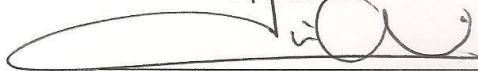
**NIDIA NEYDI PÉREZ VÁZQUEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada



Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar

Asesor Principal



Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente

Coasesor



Dr. Luis Ibarra Jiménez

Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2014

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios**; por todo lo que me ha dado en la vida siendo mi principal guía, por darme la fuerza necesaria para salir adelante y lograr alcanzar esta meta. Agradeciendo sinceramente haberme cuidado a lo largo de toda mi vida, dándome salud, fortaleza e iluminándome en todo momento y haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi Alma Terra, Mater; Por permitirme ser un buitre más que culminan sus estudios profesionales, en esta máxima casa de estudios "Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro" y todas las experiencias adquiridas, pero principalmente por ser mi hogar durante esta grandiosa etapa de mi vida.

Al Dr. **Luis Alonso Valdez Aguilar**, por su confianza, por los conocimientos compartidos, la dedicación y apoyo en la realización de esta investigación. Le externo mi admiración no solo como catedrático, si no también como persona, para los que han tenido la dicha de conocerlo me darán la razón.

Al Dr. **Luis Ibarra Jiménez** y **Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente**, por su apoyo y asesoría en la culminación de esta investigación.

## DEDICATORIAS

A mis padres:

**Rodolfo PérezLópez y Cristina Vázquez Morales;** A ustedes les debo todo lo que soy, gracias por haberme dado la oportunidad de concluir este ciclo de mi vida. Por su apoyo incondicional, amor, comprensión, por toda la confianza que depositaron en mí y sobre todo por que se cada día oraban por mi. Por haber estado ahí siempre que los necesitaba, los amo.

A mis hermanos:

**Magdiel, Rosy, Adiel y Obeth;** Tengo la dicha de tener a unos hermanos como ustedes, que me apoyaron en todo momento. Gracias por sus palabras de aliento, por que nunca me negaron nada, siempre estuvieron cuidando de mí, ustedes son parte de este logro.

A mis cuñados (as): **Felipa Mazariegos y Rene Mendoza**

A mis queridos sobrinos:

**Miriam, Gisel, Renata, Rene, Christopher,** gracias a estas hermosas personas por su alegría y cariño.

A mis abuelos:

**Rodrigo Pérez, Anacleta López y Eulalia Morales, Ambrocio Vázquez** gracias por sus cuidados y buenos consejos. Mis hermosos padres.

A mi tía: **Delfi Pérez** gracias por su apoyo moral e incondicional, por creer en mi y aconsejarme.

A **Milton R. V. M.** gracias por tu apoyo incondicional, agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de conocerte, estar a tu lado compartiendo momentos lindos y formar parte de mi vida.  
T.A.

**A mis amigos:** Yocellyn Vázquez, Erika Alva, Rosi H. Guerra, Karen Bautista, Lucia Fuentes, Berenice Bonilla, Teresa de Jesús, Daniela Adán, Salvador Reyes, Jorge L. Díaz, Julio A. Ruiz, Edilio Méndez, Félix Pérez. Gracias por brindarme su amistad y comprensión. Donde quiera que vayan siempre los recordare, que Dios los bendiga.

Brenda Pérez, Lourdes Y. Ortiz, Kenia I. Bravo, Susana Gonzales, Yanely Y. Gálvez, Carlos J. Alamilla, Sofonías Gonzales, Francisco J., Lusvin Camas, Sheyla N. Gonzales, Karina Pérez. Por esa amistad que a perdurado a pesar de la distancia, gracias por sus consejos y buenos deseos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	II
DEDICATORIAS .....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
RESUMEN .....	IX
I. INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivo general .....	2
Objetivos específicos .....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Generalidades del cultivo de Lisianthus. ....	4
Características de Lisianthus .....	4
Nutrición Mineral .....	5
Curvas de absorción de nutrientes.....	6
Importancia y utilidad de las curvas de absorción.....	7
Elementos minerales.....	8
Fertirriego .....	11
Nutrición Lisianthus .....	13
Eficiencia de los macronutrientes.....	13
Curva de crecimiento, desarrollo de plantas y extracción de macronutrientes.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
Localización.....	17

Material vegetal .....	17
Trasplante .....	17
Tutoreo .....	18
Fertirriego.....	18
Muestreo de plantas.....	19
Determinación de macronutrientes.....	20
Análisis estadístico.....	21
IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN .....	22
Parámetros de crecimiento y desarrollo de las plantas de <i>Lisianthus (Eustoma grandiflorum)</i> .....	22
Concentración y extracción nutrimental .....	27
Dinámica de la extracción nutrimental.....	30
V. CONCLUSIÓN.....	42
VI. LITERATURA CITADA .....	43
VII. APÉNDICE .....	50

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Longitud de raíz de lisianthus( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	<b>24</b>
<b>Cuadro 2.</b> Peso fresco en los diferentes órganos en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	<b>25</b>
<b>Cuadro 3.</b> Producción de biomasa total en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	<b>27</b>
<b>Cuadro 4.</b> Concentración total de macronutrientes por planta en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	<b>29</b>
<b>Cuadro 5.</b> Extracción (por periodo de 15 días) de N, K, P, Ca y Mg en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	<b>30</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Plántula de lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	20
<b>Figura 2.</b> Altura de la planta de lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	23
<b>Figura 3.</b> Producción de biomasa total en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	28
<b>Figura 4.</b> Extracción total de Nitrógeno(N) en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	32
<b>Figura 5.</b> Extracción relativa de Nitrógeno (N) en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	33
<b>Figura 6.</b> Extracción total de Potasio (K) en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	35
<b>Figura 7.</b> Extracción relativa de Potasio (K) en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	36
<b>Figura 8.</b> Extracción total de Fosforo (P) en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	37
<b>Figura 9.</b> Extracción relativa de Fosforo (P) en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	38
<b>Figura 10.</b> Extracción total de Calcio (Ca) en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	39
<b>Figura 11.</b> Extracción relativa de Calcio (Ca) en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	40
<b>Figura 12.</b> Extracción total de Magnesio (Mg) en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	41
<b>Figura 13.</b> Extracción relativa de Magnesio (Mg) en lisianthus ( <i>Eustoma Grandiflorum</i> ) cv. Mariachi Blue.....	42

## RESUMEN

La nutrición y las fertilizaciones son factores de alto impacto en la producción y la calidad de las flores. Para lograr el conocimiento de la nutrición y fertilización recomendada en *lisianthus* se han apoyado, en general, en el empirismo y recomendaciones de otros países (Kampf *et al.*, 1990) por tanto, existe en la actualidad la tendencia a realizar aplicaciones en cantidad excesiva o insuficiente generando un manejo desequilibrado de la nutrición (Nellet *et al.*, 1997). En la presente investigación se realizó a través de muestreos, la curva de absorción de macronutrientes [Nitrógeno (N), Potasio (K), Fósforo (P), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)] en cada etapa fenológica en *lisianthus*. Este es la base para determinar la dosis de fertilización, al igual que conocer la época y cantidad de mayor absorción de macronutrientes extraídas por una planta. Donde se encontró que la curva de absorción de nutrimentos estuvo relacionada directamente con la producción de biomasa. El N y K fueron los elementos mayormente extraídos, seguidos por el Mg, Ca y P respectivamente y el momento de mayor demanda. Para todos los elementos fue de los 95-110 días después del trasplante (DDT), periodo significativo del inicio de floración a cosecha, donde la planta extrajo durante la primera etapa 46.92% de N, 42.83% de K, 42.98.63% de P, 51.96% de Ca y 46.9% de Mg y en la segunda 53.25% de N, 57.18% de K, 57.01% de P, 48.05% de Ca y 53.12% de Mg. Los resultados se analizaron mediante un modelo, Exponencial Growth-Double de cinco Parámetros, la ecuación utilizada es la ecuación es:  $Y = y_0 + ae^{bx} + ce^{dx}$

**Palabra clave:** *Lisianthus*, curva de absorción, macronutrientes.

## I. INTRODUCCIÓN

En México se tiene una gran variedad de microclimas, ocasionados por las diferentes condiciones de relieve y precipitación ideales para la producción de ornamentales de gran valor comercial.

El mercado de flores de corte demanda la introducción de nuevas especies de flores, amplia gama de colores, así como larga vida de florero. En esta búsqueda de alternativas para la comercialización, el lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) se ha constituido como un cultivo popular de recién introducción debido a que presenta una diversidad de colores, flores de hasta 6 a 9 cm de ancho, vida de florero de 10 a 15 días y su demanda en el mercado cobra día a día mayor importancia (Olvera, 2004).

La comercialización de flores ornamentales depende de la calidad; que se determina por el tamaño del tallo, la forma, color, calidad sanitaria y la duración postcosecha. Para lograr la calidad de flor que se exige el mercado es necesario tener un buen manejo durante el periodo de producción el cual consiste en: nutrición de acuerdo a la especie, control eficiente de plagas y enfermedades y control de condiciones climáticas. Debido a que algunas de las flores de ornamentales requieren condiciones ambientales específicas, es necesario recurrir a la producción bajo sistema protegido, casas sombra e invernadero (Cruz y Arévalo, 2006).

Actualmente en la República Mexicana son muy pocos los productores que se dedican a este cultivo, se puede considerar que son aproximadamente 4 ha de producción, la falta de interés para invertir en el lisianthus es principalmente debido al desconocimiento del cultivo y la falta de personal capacitado para su

manejo. En México se produce lisianthus, en Zacatepec Morelos, Villa Guerrero, Estado de México, Tecamachalco Puebla, Guadalajara, Jalisco, entre otras (Domínguez, 2002).

La nutrición y fertilización son factores de alto impacto en la producción y la calidad de las flores. Las recomendaciones acerca de nutrición en lisianthus se han apoyado, en general, en el empirismo y recomendaciones de otros países (Kampf *et al.*, 1990) por tanto, existe en la actualidad la tendencia a realizar aplicaciones en cantidad excesiva o insuficiente generando un manejo desequilibrado de la nutrición (Nell *et al.*, 1997)

## **Objetivo general**

Determinar en base a la etapa fenológica de lisianthus, la curva de absorción de macronutrientes, para diseñar la programación de fertirriego.

## **Objetivos específicos**

- Determinar la época y cantidad de mayor absorción de nutrimentos durante la etapa fenológica en base a las necesidades de la planta.
- Desarrollar una curva de producción de materia seca, considerando órganos y etapas fenológicas.
- Diseñar un programa de fertirriego en el cultivo de lisianthus.

## **Hipótesis**

La extracción de macronutrientes depende de la etapa fenológica del cultivo de lisianthus.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Generalidades del cultivo de lisianthus.

#### Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn)

El lisianthus es originario de América del Norte, se encuentra material silvestre en Texas, Arizona, Colorado y el norte de México. Las variedades mejoradas se cultivan como planta para maceta, para jardín y como flor cortada, esta última forma de cultivo es la más importante (Olvera, 2004). Es una planta de ciclo anual o bianual (Melgares, 1996). Pertenece a la familia de las Gencianáceas, clasificándose de la siguiente manera:

Género – *Eustoma*

Especie – *Eustoma grandiflorum*

#### Características de lisianthus

El lisianthus es una planta herbácea que forma una roseta de hojas, sobre las cuales se desarrolla un tallo muy rígido con hojas verde azulado que puede alcanzar un largo de 50 cm a 90 cm, en cuyo extremo aparecen las flores largamente pecioladas de 6 a 9 cm de diámetro y 7 a 10 cm de largo, estas flores pueden ser simples o dobles (Vidalie, 1992).

Se caracteriza por poseer flores de colores atractivos, tallos sin espinas que llegan a alcanzar de 60 a 90 cm de largo y presentar hasta 18 flores por planta; además

de durar 15 días luciendo frescas sin generar mal olor en los floreros (Melgares, 1996).

El *lisianthus* es una planta que puede ser cultivada de ciclo anual o bianual (Melgares, 1996), como flor de corte, requiere desde la siembra hasta la aparición de las primeras flores de 6 a 7 meses (Halevy y Kofranek, 1984), florece naturalmente en los meses de verano y otoño, y se comporta como una planta bianual (Harbaugh, 1996). Por su naturaleza tiene un desarrollo muy lento durante el invierno, en primavera sus tallos se alargan y florecen en verano (Roh-et al., 1989).

En vida postcosecha las flores duran de 10 a 15 días, con el uso de conservadores es posible prolongar hasta 30 días la vida de florero (Loyola y Vargas, 2005).

### **Nutrición Mineral**

La nutrición mineral incluye el suministro, absorción y utilización de los nutrimentos esenciales para el crecimiento y producción de los cultivos (Fageria et al., 1997). La alimentación de una planta para su mantenimiento y crecimiento es a base de una serie de sustancias inorgánicas minerales simples (nitrógeno, fósforo, potasio, etc.), agua, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> y energía radiante (luz y temperatura).

La planta extrae los nutrientes minerales de la solución del suelo y, a través de distintos mecanismos de transporte, los incorpora a las hojas para ser incorporados en azúcares y otros compuestos. La corriente de transpiración que atraviesa el xilema es la principal vía de transporte de los nutrientes inorgánicos desde la raíz a las hojas, pero el flujo en el floema es bidireccional permitiendo la recirculación de nutrientes dentro de la planta (Val, 2003).

La nutrición mineral es uno de los factores que más contribuye para lograr alto rendimiento y mejorar la calidad del producto, de forma que los nutrientes deben

ser aplicados de acuerdo a las exigencias del cultivo, en las cantidades y épocas adecuadas.

### **Curvas de absorción de nutrientes**

Una de las herramientas utilizadas en la determinación de fertilizaciones balanceadas son las curvas de absorción de nutrientes, expresadas bajo la forma de curvas en función de la edad de la planta (Nunes *et al.*, 1981). El conocimiento de la cantidad de nutrientes en la planta en cada fase de crecimiento suministra información que ayuda al establecimiento de programas de fertilización. Sin embargo, esas curvas reflejan apenas lo que la planta necesita y no lo que debe ser aplicado, ya que debe considerarse la eficiencia del aprovechamiento de los nutrientes, el cual varía según las condiciones de fertilidad del suelo, la época de siembra, condiciones climáticas, manejo del sistema de cultivo, finalidad de uso del producto cosechado y sistema de irrigación, entre otros factores.

En lo fundamental, las curvas de absorción de nutrientes auxilian en los programas de fertilización, principalmente en las cantidades de los diferentes nutrientes que deben ser aplicados en las diferentes etapas fisiológicas de las plantas (Villas, 2001). La absorción de las sustancias nutritivas no es igual en los diferentes periodos de desarrollo de los cultivos Cuevas (1998).

La absorción es el proceso de extracción de nutrientes por la planta. La raíz es el órgano especializado en la absorción de nutrientes. La mayor parte de entrada de nutrientes tiene lugar a través de ella (INPOFOS, 1997).

Los cultivos difieren en sus requerimientos de nutrientes así como en sus patrones de absorción durante su ciclo de crecimiento y desarrollo. La extracción de nutrientes depende de diferentes factores tanto internos como externos. El factor interno principal es el potencial genético de la planta (eficiencia) por lo que es ideal determinarla para cada cultivar y edad de la planta o estado de desarrollo de la



misma. Los factores externos son los del ambiente en que se desarrolla (Sancho, 2000).

Una curva de absorción de nutrientes es una representación gráfica de la cantidad total de nutrientes absorbidos por el cultivo durante su ciclo de cultivo (Calvache, 2001).

### **Importancia y utilidad de las curvas de absorción**

A través de las curvas de absorción se determinan las épocas de aplicación más idóneas, ya que las mismas se pueden realizar en los momentos de mayor absorción. De lo anterior es fácil deducir que son una herramienta indispensable para definir los programas de fertilización para el cultivo y maximizar el aprovechamiento de los fertilizantes (Sancho, 2000). Así mismo permiten conocer, en forma muy aproximada, la cantidad total de nutrientes que la planta requiere para su desarrollo y un rendimiento determinado, con lo cual si se conoce el coeficiente de aprovechamiento de los fertilizantes se obtiene la dosis a usar en los programas de fertilización. Otros factores que intervienen es la cantidad de fertilizante a agregar son el tipo de suelo y su grado de fertilidad (Sancho, 2000).

Otra ventaja de las curvas de absorción es que permiten conocer la cantidad nutritiva de los productos o frutos, en cuanto al contenido de nutrientes para el consumo humano (Sancho, 2000).

### **Procedimiento básico para efectuar una curva de absorción**

- Seleccionar un solo cultivar (no mezclar para una misma curva plantas genéticamente diferentes).
- Seleccionar plantas tipo (plantas desarrollándose en condiciones ideales).
- Definir etapas fenológicas más importantes del ciclo del cultivo y no sólo tiempo (días después de la siembra).

- Seleccionar la planta en sus diferentes tejidos morfológicos (raíz, tallo, hojas, pecíolo, fruto, etc.).
- Tomar un número de repeticiones no inferior a tres, por etapa fenológica, previamente determinada.
- Medir peso fresco, peso seco, contenido de humedad, contenido de nutrimentos.
- Calcular el peso acumulado (en kg ha<sup>-1</sup>, g planta<sup>-1</sup>, etc.) y determinar las cantidades extraídas a partir de lo anterior y del contenido de nutrimentos.
- Graficar la curva de crecimiento (con base a la materia seca para cada estado de muestreo) y la curva de absorción (con base a las cantidades extraídas de cada elemento) en kg ha<sup>-1</sup> o g planta<sup>-1</sup> (Sancho, 2000).

## **Elementos minerales**

### **Nitrógeno**

Es esencial en la división y expansión celular, por tanto en el crecimiento. La adenina es una base púrica con N en el anillo y es parte de muchos nucleótidos y nucleoproteínas, como el ADN y ARN. El N también es constituyente de una multitud de compuestos llamados alcaloides, que no son metabolitos esenciales y se cree sirven como compuestos que almacenan este elemento (Jones *et al.*, 1991).

La absorción de N es muy importante, en los tallos como en las hojas, ya que si existen deficiencias de este elemento se reduce enormemente la calidad de la flor, además de que se producen hojas pequeñas, verdes amarillentas, tallos cortos y sistema radical más desarrollado, mientras que el exceso provoca crecimiento exagerado, plantas débiles y tiernas. Después de la quinta semana el N es enviado al botón para su desarrollo. A la madurez, entre el 20 y 30 % del N total de la planta se encuentra en la inflorescencia (Aparicio, 1999).

## **Potasio**

El K tiene un efecto benéfico en la síntesis de ATP, como éste se requiere para numerosas reacciones de síntesis, puede indirectamente promover la síntesis de varios compuestos orgánicos como proteínas, azúcares y polisacáridos (Gardner *et al.*, 1985).

El K está involucrado en el mantenimiento del estado hídrico de la planta, en la presión de turgencia de sus células e interviene en la apertura y cierre de estomas, por lo que las plantas bien abastecidas con K pierden poca agua, incrementan el potencial osmótico y se influye favorablemente el cierre estomático. La poca pérdida de agua se debe a la reducción de la tasa de transpiración, que depende del potencial osmótico de las células del mesófilo y de la apertura y cierre de estomas, mecanismos que dependen completamente del flujo de K. En los tejidos jóvenes el potasio es indispensable para obtener una turgencia celular óptima que se requiere para la expansión celular (Mengel y Kirkby, 1982).

## **Fósforo**

El P es un constituyente de los compuestos que transfieren energía formando enlaces ricos en energía en metabolitos importantes como ATP, ADP, AMP y PPI, del sistema de información genética (ADN y ARN), de las membranas celulares (fosfolípidos), fosfoproteínas, aminoácidos y ciertas coenzimas (Alpi y Tognoni, 1991). La principal función del P en el metabolismo es la formación de enlace pirofosfato que permite la transferencia de energía. El compuesto más importante de este tipo es el ATP, en esta forma la energía puede ser transportada a varios procesos endergónicos como la absorción de iones y la síntesis de varios compuestos orgánicos (Mengel y Kirkby, 1982).

Es un elemento que influye fuertemente en la floración, activando la absorción de Mg. Mengel *et al.* (2001) mencionan que los valores más altos de extracción de P se observan en la etapa de brotación vegetativa y reproductiva, ya que las hojas jóvenes contienen relativamente altas cantidades de P orgánico en forma de ácidos nucleicos y fosfolípidos que son acumulados y traslocados posteriormente a la parte reproductiva.

## **Calcio**

El Ca es absorbido en forma de catiónica Ca por la plantas, tiene funciones en la división y crecimiento de la pared celular (Soria, 2008), así mismo en la formación de pectatos de Ca de la lámina media de la célula, intervine en la absorción de nutrimentos, forma ácidos orgánicos del interior de las células regulando la presión osmótica; interviene en la formación de lecitina y fosfolípidos importantes constituyentes de membrana celular y permeabilidad de membranas; actúan en la división mitótica de las células de meristemo (punto de crecimiento) y absorción de nitratos (Rodríguez, 1989).

La translocación dentro de la planta es en la savia del xilema en dirección acrópetala con la corriente de transpiración. En hojas el flujo de calcio disminuye después de su madurez, aun cuando se mantenga una transpiración constante. En plantas en crecimiento, el Ca es translocado preferentemente hacia los ápices de los brotes aunque la tasa de transpiración es mucho menor que en las hojas viejas. Es probable que este movimiento preferencial sea inducido por la auxina AIA, que se sintetiza en el ápice del brote. Una deficiencia de Ca causa malformación y muerte del meristemo (raíces, brotes, frutos, y nódulos) posiblemente debido a las fallas en el transporte por el floema y su inmovilidad en la planta (Macías, 2008).

## **Magnesio**

El Mg es un elemento esencial y es componente químico de la molécula de clorofila, por lo que es fundamental para la fotosíntesis, forma parte de varias proteínas de las plantas e interviene en el metabolismo de los carbohidratos.

El Mg es absorbido en forma  $Mg^{2+}$  y es elemento que influye en el cambio de la yema vegetativa a una yema floral (Soria, 2008), es un activador del sistema enzimático y la mayor parte se encuentra en la savia. La mayor concentración en las plantas se encuentra en las partes nuevas. Las cantidades de Mg que son requeridas por las plantas son normalmente menores que las de K o Ca y son similares a las cantidades requeridas de P o S (Aparicio, 1999).

La deficiencia de Mg afecta la producción de azúcares. Los síntomas de esta deficiencia se presentan en forma de lesiones necróticas de intenso color rojo en la hoja, dándole una apariencia rojiza. En etapas avanzadas de deficiencia de este elemento, las hojas jóvenes se tornan verde claro antes de aparecer pequeñas manchas necróticas, los tallos se hacen delgados y con entrenudos cortos. También puede ocurrir oscurecimiento interno del tallo (Anderson, 1992).

Los altos valores de conductividad eléctrica incrementan síntomas de deficiencias de Mg. La deficiencia de un catión crea posibilidades para la alta absorción de otro catión (Sonneveld, 1987).

Las aplicaciones de K y Ca inducen deficiencias de Mg, porque afecta su concentración proporcional y altas dosis de N inducen absorción de Mg (Anderson, 1992).

## **Fertirriego**

La fertirrigación es una técnica que permite la aplicación simultánea de agua y fertilizantes a través del sistema de riego. Se trata por tanto de aprovechar la aplicación de los nutrientes necesarios a las plantas.

Los programas de fertirrigación se basan en el conocimiento de la demanda nutrimental de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo. Esta variable se determina mediante muestreos secuenciales de la biomasa total. Es decir, se toman muestras de toda la planta en una superficie determinada que puede ser de 2 o 3 m<sup>2</sup>. Estos muestreos se realizan cada 2 o 3 semanas, teniendo precaución de que cada muestreo sea representativo de una etapa particular del desarrollo del cultivo. Las muestras se secan, pesan y muele para su análisis en el laboratorio. Conociendo el peso de la materia seca total y la concentración de nutrientes en las plantas se puede calcular las curvas de acumulación de nutrientes.(Calvache, 2002).

El cultivo de flores en invernadero o a cielo abierto requiere un especial control del fertirriego debido a que se trata de cultivos delicados, con corto e intenso período de crecimiento, muy sensibles al manejo nutricional y con frecuencia con un sistema radicular poco desarrollado. El fertirriego permite aplicar los nutrientes en forma precisa al volumen radicular humedecido. Para programar el fertirriego es necesario tener un plan de manejo nutrimental que incluya: a) el conocimiento del sistema de producción que haga posible determinar el potencial de rendimiento del cultivo para condiciones específicas; la demanda de nutrientes en las diferentes etapas fenológicas del ciclo del cultivo así como sus requerimientos hídricos, b) de técnicas de análisis químico de suelos y planta, a fin de diagnosticar el estado nutricional del suelo y del cultivo y c) de la tecnología de preparación de las soluciones nutritivas (Calvache, 2002).

El fertirriego garantiza un suministro de nutrimentos en el sitio donde se encuentra el mayor volumen de raíces absorbentes (Imas, 2009) Esto favorece la eficiencia en el uso del agua y los fertilizantes, lo que mejora su distribución y localización. Si se emplea este recurso en forma adecuada, con el aporte de los nutrimentos que la planta demanda en el tiempo y la cantidad precisa para cada etapa fenológica, la mejora en el rendimiento alcanzado y en parámetros de calidad de la fruta (tamaño, firmeza, sanidad, sólidos solubles) es notable (Alcántar *et al.*, 1999)

### **Nutrición en lisianthus**

El conocimiento de la nutrición es un factor de alto impacto en la producción y localidad de las flores, Kampf *et al.* (1990) observaron que en Brasil generalmente se han basado en empirismos o recomendaciones de otros países, dando por resultado el uso de escasa o extrema cantidad de nutrientes y, por lo tanto, una nutrición desbalanceada (Nell *et al.*, 1997). Montoya (2004) describe una situación similar para el caso de la floricultura mexicana.

### **Eficiencia de los macronutrientes**

Perdomo *et al.* (1998) reportan que la eficiencia de aprovechamiento de N obtenida depende del cultivo y del momento de aplicación del fertilizante, pero estos generalmente oscilan entre 50% y 70%, K alrededor de (80%), P entre (10% y 40%), Ca (75%) y Mg alrededor de (75%). Una parte no son absorbidos y permanecen en el suelo en forma orgánica, en menor cantidad en forma mineral y el resto se pierde del sistema suelo y planta (Requejo, 2012).

## **Curva de crecimiento, desarrollo de plantas y extracción de macronutrientes**

Grageda (1999) considera que la demanda nutrimental de cada cultivo tiene como base la capacidad de absorber nutrientes para obtener un rendimiento considerable y satisfactorio por medio de la producción y acumulación de peso seco (tallos, hojas, flores y frutos). Las Solanáceas absorben gran cantidad de nutrimentos, lo cual depende de la capacidad para acumular peso seco producida, influenciada por variables genéticas y ambientales.

Ortega (2006) menciona que 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.

Palacios *et al.* (2005) menciona en el cultivo de cebolla la acumulación de la peso seco se inició de manera significativa a los 60 DDT. El tratamiento (N-P-K), el de mejor respuesta, mostró una acumulación total de 9,645 kg. de peso secoha<sup>-1</sup>. El 94 % del total de peso seco, fue acumulado luego del segundo mes después del trasplante.

Vega (2012) reporta en sandías que en los primeros 33 días del ciclo del cultivo, la absorción de nutrimentos fue muy lenta, luego la planta incrementó fuertemente la producción de materia seca y acumulación de elementos nutritivos hasta el final de su ciclo a los 63 días después de siembra. Los picos de máxima absorción ocurrieron entre los 51 y 57 DDS en ambos sistemas de abonamiento, coincidiendo con la etapa de mayor producción y desarrollo de frutos. La acumulación de nutrimentos en orden decreciente, para los dos sistemas de fertilización, fue similar y se denotan: K>N>Ca>Mg>P>Fe>S>Mn>Zn>Cu.



Favoretto (2005) determinó en papa las curvas de crecimiento y de absorción de nutrientes en la variedad "Atlantic" bajo condiciones de invernadero de producción comercial y observó que a los 49 DDT, la parte aérea alcanzó el valor máximo de acumulación de materia seca,  $8,65 \text{ g planta}^{-1}$ . En los tallos, el peso seco producido no alcanzó un máximo, siendo explicado el comportamiento por una ecuación cuadrática. El mayor valor obtenido fue de  $3,99 \text{ g planta}^{-1}$  a los 70 DDT. La suma de tallo y hoja resultó en valores coincidentes con los obtenidos para estas partes aéreas.

En el cultivo de tomate Híbrido HA 3019, la acumulación de biomasa, peso fresco y la extracción de macronutrientes en todos los órganos de la planta tendieron a aumentar con la edad del cultivo. La mayor producción de masa y consumo de N, P, K, Ca y Mg se cuantificó al final del periodo de plena producción. Llegó a extraer hasta  $22.60 \text{ g.m}_2$  de N,  $3.46 \text{ g.m}_2$  de P,  $43.18 \text{ g.m}_2$  de K,  $11.64 \text{ g.m}_2$  de Ca y  $3.35 \text{ g.m}_2$  de Mg (Hernández et al., 2011).

Fagundes *et al.* (2005), mencionan que la aplicación de nutrientes en cantidades y proporciones adecuadas, es una práctica fundamental cuando se pretende aumentar la producción de forraje.

Durán (2008) en el cultivo de caña de azúcar determinó que el crecimiento en la altura durante los tres primeros meses de cultivo, fue lento. A partir del cuarto mes el crecimiento fue mayor y permanente. En los últimos tres meses del cultivo se constató un crecimiento acelerado, logrando en el doceavo una altura de  $187,8 \text{ cm}$ .

Garófalo (2012) menciona en el cultivo de cebada que los días de máxima absorción de los macronutrientes fueron entre los 35 hasta los 82 días. La máxima absorción de K y P se realizó a los 35 y 40 días (inicio de amacollamiento) con valores de  $76$  y  $8 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente.

Vargas (2013) reporta que los cultivos de clavel cv. "Nelson y Dakota", que el N es extraído a  $3700 \text{ mg planta}^{-1}$ , seguido por el P ( $252.03 \text{ mg planta}^{-1}$ ), K ( $238.80 \text{ mg planta}^{-1}$ ), el periodo de máxima absorción se manifiesta en la etapa reproductiva (147-208 DDT) y sin embargo alcanzando la máxima formación de hojas, altura y longitud de la raíz al finalizar la etapa vegetativa.

Pineda (2008) en cuanto a la dinámica de absorción de P en frambueso rojo, durante los primeros días de la brotación vegetativa se extrajo el 31% del P total, posteriormente (32-47 DDT) hubo una disminución en la absorción ( $0.8 \text{ g ha}^{-1}$ ), pero en las etapas de floración (47-78 DDT), el desarrollo de frutos y la cosecha (78-128 DDT) aumentó la absorción extrayéndose el 10 y 58% del P total, situación que se observó también en las tasas máximas de acumulación diaria de P ( $56 \text{ y } 54 \text{ g ha}^{-1}$ )

Valle (2005) reporta con respecto a la tasa de absorción de P, las plantas desarrolladas en la concentración de 75 % presentaron un máximo valor de  $0.0097 \text{ g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$  a partir del inicio de cosecha (98 DDT) en el pimiento morrón

Rincón (2001) en coliflor menciona que las máximas velocidades de absorción de Ca y Mg se produjeron en periodos donde la tasa de crecimiento foliar es máximo (68-82 DDT).

Valle (2005) menciona en el pimiento morrón los primeros días no fue significativa la extracción de magnesio debido a la reducida área foliar; sin embargo, conforme se acumuló materia seca la cantidad extraída de Mg aumentó debido a que las hojas eran de mayor tamaño. Los valores más altos de absorción se presentaron de 82 a 98 DDT lo cual coincide con la etapa de desarrollo de frutos e inicio de cosecha.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### **Localización**

La investigación se realizó en el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizado en Buenavista, Saltillo, Coahuila. El invernadero utilizado fue un tipo túnel con dimensiones de 7 m de ancho y 30 m de largo, con estructura metálica y con cubierta de fibra de vidrio. El invernadero contó con una pared húmeda y dos extractores de aire de activación automática. El estudio se llevó a cabo en el periodo del 5 de Mayo a 4 de agosto del 2012. La temperatura máxima promedio durante esta etapa fue de 27.6 °C, mientras que la temperatura mínima promedio fue de 14.3 °C y la temperatura media de 22.9 °C.

#### **Material vegetal**

El material vegetativo consistió en plántulas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue, las cuales al momento del trasplante contaban con cuatro hojas formadas y 8 cm de longitud de raíz.

#### **Trasplante**

El 5 de mayo del 2013 se estableció la plantación en 28 contenedores con cuatro plántulas cada una, colocados en una cama. El contenedor tenía una capacidad de 10 L. Se utilizó la mezcla de peat moss-perlita como sustrato en una relación de 4:1 y se le ajustó el pH a 6, con bicarbonato de sodio (5 g L<sup>-1</sup> de sustrato), para controlar la solubilidad de los nutrientes en el sustrato.

## **Tutoreo**

Para evitar el acame de la planta y obtener tallos erectos se estableció un tutoreo con un soporte para cada planta con barretas de 60-70 cm de largo confeccionado con hilo.

## **Fertirriego**

Los riegos se suministraban cada 3 ó 4 días a las 12:00 h., se aplicó de forma manual con 1 a 2 L por contenedor, de acuerdo a las necesidades de las plantas.

La dosis de fertilización se determinó tomando en cuenta el lixiviado del sustrato utilizando como indicador la CE. De ahí se partía para aumentar la concentración de la solución nutritiva en un 25% o 50% con el objetivo de mantenerla en el nivel inicial. La medición de pH y CE de la solución de sustrato se realizó en todos los fertirriegos. Estos se midieron con potenciómetro marca Conductronic, Modelo pH10yconductivimetro marca Hanna Instruments, Modelo PWT HI98308.

La fertilización se aplicó en forma de solución nutritiva y los micronutrientes se aportaron con el producto (Poliquel multi(0.3 ml L<sup>-1</sup>). La solución nutritiva se preparó con nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de magnesio y ácido fosfórico. Con los valores obtenidos del lixiviado del suelo se buscaba mantener una conductividad eléctrica 2.5 dS m<sup>-1</sup>y el pH de 6.0.

Para el muestreo de los lixiviados se fertirregaba una hora antes para mantener el sustrato bien saturado. Después de una hora de fertilizar se realiza la colecta del lixiviado mediante el siguiente procedimiento:

- a) Colocar un contenedor debajo de la maceta para coleccionar la solución lixiviada.
- b) Aplicar agua destilada (80-110ml) para obtener 50 ml de la solución lixiviada

- c) Colectar el lixiviado en un frasco limpio, con tapa hermética, para llevarlos a laboratorio
- d) Calibrar los equipos de medición de pH y CE.
- e) Medir pH y conductividad eléctrica, tomando notas de los datos.

### **Muestreo de plantas**

El estudio consistió de 28 contenedores con cuatro plantas cada uno. Los muestreos se realizaron cada 15 días, tomando cuatro contenedores con cuatro plantas en cada una de ellos, considerando a cada contenedor como una repetición. Las plantas se extrajeron completamente lavando las raíces para eliminar el sustrato, evitando perder la raíz. (Figura 1).



Figura 1. Plántula de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue.

Posteriormente fueron llevadas al laboratorio donde las plantas son lavadas utilizando agua destilada y usando guantes de látex evitando contaminar las muestras. Con las plantas se llevó a cabo la determinación de la altura, longitud de las raíces y peso fresco.

Las plantas se colocaron en bolsas de papel previamente pesada, colocándose en una estufa donde se deshidrataron a una temperatura de 70°C por un periodo de 72 horas.

Las plantas se dividieron, separando sus órganos: raíz, tallo, hoja y flor. Una vez separadas se tuvieron que moler en un molino Analytical Mill (marca Tekmar Co. modelo A-10), con aspa de acero inoxidable y guardado en bolsas de papel.

Los muestreos se realizaron desde el día de trasplante y a los, 10, 25, 40, 65, 80, 95 y 110 DDT.

### **Determinación de macronutrientes**

Para la determinación de la concentración de macronutrientes el 1 de Septiembre del 2012 se realizó un muestreo de raíz, tallo, hoja y flores en lisianthus. Las muestras lavadas y secas de las tres plantas por repetición se juntaron y se homogenizaron obteniendo así muestras compuestas. A partir de este material, se procedió a determinar la concentración.

El nitrógeno se determinó en base al método de Micro-Kjeldalh (Chapman y Pratt, 1973). A estas muestras también se les hizo un análisis mineral para cuantificar la concentración de otros macroelementos (P, K, Ca y Mg). La concentración de K en los tejidos se determinó con un flamómetro Corning 400, tomando una muestra del digestado obtenido a partir de 0.5 g de muestra molida (Alcántar y Sandoval, 1999). La concentración de P, Ca y Mg se determinaron por Espectrometría de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES VARIAN, modelo Liberty) utilizando el extracto diluido (1:50) obtenido con la digestión ácida de las muestras secas.

### **Análisis estadístico**

Los resultados se analizaron mediante un modelo de exponencial doble de cinco parámetros, la ecuación utilizada fue:  $Y = y_0 + ae^{bx} + ce^{dx}$

**y**= extracción del nutrimento (mg planta<sup>-1</sup>)

**y<sub>0</sub>**=intersección con el eje y

**a**=coeficiente a

**b**=coeficiente b

**c**=coeficiente c

**d**=exponente del coeficiente d

**e**=base de los logaritmos naturales

**x**=días después del trasplante

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros de crecimiento y desarrollo de las plantas de lisianthus.

#### Altura de las plantas

El crecimiento inició entre los 10 y 20 DDT ya que se detecta el inicio de la elongación del tallo, en la que la planta alcanzó 11 cm de altura. Al finalizar el crecimiento vegetativo (hasta los 80 DDT) se alcanzó el 71% de la altura. Conforme avanzó el desarrollo de la planta, la altura se fue incrementando hasta el máximo en la etapa de cosecha, alcanzando 77.9 cm de altura. Estos resultados son similares a los obtenidos por Torres (2011) quien menciona que después de los 42 DDT las plantas de lisianthus iniciaron la fase de desarrollo y aceleraron su crecimiento a casi el doble. El crecimiento acelerado coincide con la aparición de los primeros botones florales, ya que se presenta un alargamiento de los brotes laterales.

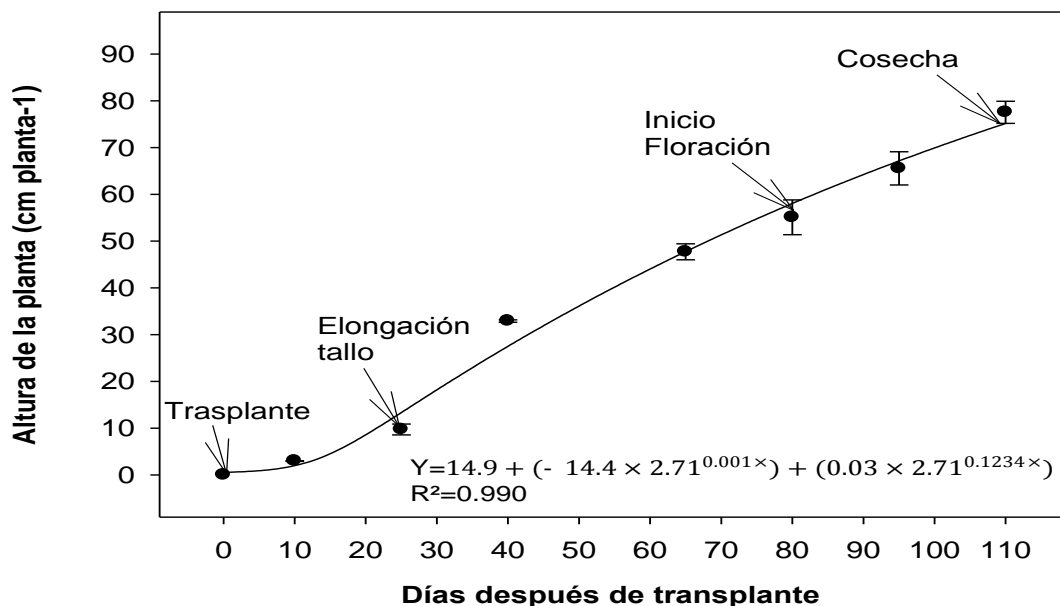


Figura 2. Altura de la planta de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue y el modelo que la explica en función de los días después del trasplante. Cada punto representa la media de tres repeticiones. Las barras indican el error estándar de la media.



### **Longitud de raíz**

En el Cuadro 1 se muestra que al terminar el crecimiento vegetativo, la raíz alcanzó 67.9% de la longitud total. Conforme avanzó el desarrollo de la planta la longitud de la raíz se fue incrementando hasta el máximo en la etapa de inicio de floración y cosecha. Estos resultados son similares a los obtenidos por Cruz (2013) en crisantemo, quien menciona que conforme avanzó el desarrollo se fue incrementando la longitud de la raíz hasta el máximo en la etapa de desarrollo del botón y cosecha.

Cuadro 1. Longitud de raíz de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue en el periodo de crecimiento. Los datos representan el promedio  $\pm$  error estándar.

<b>Días después del trasplante</b>	<b>Longitud de raíz</b>
	<b>cm planta<sup>-1</sup></b>
0	-----
10	8.22 $\pm$ 0.21
25	12.18 $\pm$ 0.50
40	28.89 $\pm$ 2.24
65	27.61 $\pm$ 1.48
80	28.76 $\pm$ 1.35
95	31.92 $\pm$ 0.81
110	42.54 $\pm$ 1.06

## Peso fresco

En el Cuadro 2 se observa que el aumento de peso fresco inició entre los 10 y 20 DDT. Al inicio del crecimiento vegetativo, el contenido de peso fresco era bajo, pero conforme avanzó el desarrollo de la planta se fue incrementando hasta un máximo en la etapa de inicio de floración y cosecha. La planta acumuló 136.8 g de peso fresco del cual las flores representaron la mayor proporción del peso fresco total (41.8%), seguida por las hojas (37.4%), el tallo (37.2%) y finalmente la raíz (10.6%). Los resultados son similares a los reportados por Hernández *et al.* (2011), en tomate quienes indican que la acumulación de biomasa, peso fresco y la extracción de macronutrientes en todos los órganos de la planta tendieron a aumentar con la edad.

Cuadro 2. Peso fresco en los diferentes órganos en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue en el periodo de crecimiento. Los datos representan el promedio  $\pm$  error estándar.

Días después del trasplante	Peso fresco g planta <sup>-1</sup>				
	Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Total
0	1.12 $\pm$ 0.04	0.20 $\pm$ 0.00	1.28 $\pm$ 0.03	---	2.60 $\pm$ 0.01
10	0.65 $\pm$ 0.05	0.33 $\pm$ 0.01	2.06 $\pm$ 0.06	---	3.04 $\pm$ 0.01
25	1.61 $\pm$ 0.04	1.78 $\pm$ 0.10	5.72 $\pm$ 0.33	---	9.10 $\pm$ 0.04
40	9.58 $\pm$ 1.84	12.2 $\pm$ 0.37	23.3 $\pm$ 0.77	---	45 $\pm$ 0.23
65	4.92 $\pm$ 0.21	19.1 $\pm$ 1.41	23.6 $\pm$ 1.10	---	47.6 $\pm$ 0.20
80	6.73 $\pm$ 0.37	19.5 $\pm$ 2.48	24.3 $\pm$ 1.79	16.5 $\pm$ 1.48	66.9 $\pm$ 0.25
95	15.5 $\pm$ 3.71	42.8 $\pm$ 7.06	49.6 $\pm$ 6.12	24.4 $\pm$ 9.24	132 $\pm$ 0.66
110	14.5 $\pm$ 0.09	50.7 $\pm$ 2.04	50.9 $\pm$ 2.38	56.9 $\pm$ 3.19	173 $\pm$ 0.38

## **Peso seco**

En el Cuadro 3 y Figura 3 se observa que al inicio del crecimiento vegetativo, el peso seco era bajo, pero conforme avanzó el desarrollo, se fue incrementando hasta a un máximo de la etapa de inicio de floración y cosecha. La planta acumuló 37.7 g de materia seca por planta, donde las flores presentaron la mayor proporción del peso seco total (42.8%), seguido por el tallo (30.74%), las hojas (17.8 %) y finalmente la raíz (7.7 %).

En general, la mayor acumulación de materia seca se presentó antes del inicio de floración ya que en los últimos 37 días las plantas acumularon un 57% de la biomasa total que alcanzaría en todo su desarrollo. Estos resultados coinciden a los que reportaron Pineda *et al.* (2008) en frambueso rojo, quienes mencionan que al comenzar la brotación vegetativa, el contenido de materia seca era bajo, pero conforme avanzó el desarrollo de la planta se fue incrementando hasta llegar a un máximo en la etapa de desarrollo de frutos y cosecha. Garófalo (2012) trabajando con cebada, menciona que la acumulación de la materia seca se dio en la etapa de la emergencia (20 DDT) e inicio de macollamiento (40 DDT), 0.3 a 1.7 t materia seca ha<sup>-1</sup>, mientras que en el inicio de espigamiento aumento hasta 3.55 t materia seca ha<sup>-1</sup>. La acumulación de la materia seca al final del periodo fue de 12.7 t materia seca ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 3. Peso seco en los diferentes órganos en *lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue durante el desarrollo de la planta. Los datos representan el promedio  $\pm$  error estándar.

Días después del trasplante	Peso seco g planta <sup>-1</sup>				
	Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Total
0	0.08 $\pm$ 0.00	0.06 $\pm$ 0.00	0.25 $\pm$ 0.02	---	0.39 $\pm$ 0.00
10	0.21 $\pm$ 0.01	0.17 $\pm$ 0.02	0.99 $\pm$ 0.18	---	1.37 $\pm$ 0.03
25	0.55 $\pm$ 0.03	1.46 $\pm$ 0.14	1.84 $\pm$ 0.05	---	3.85 $\pm$ 0.02
40	0.88 $\pm$ 0.07	1.96 $\pm$ 0.10	2.75 $\pm$ 0.09	---	5.59 $\pm$ 0.01
65	0.96 $\pm$ 0.06	4.49 $\pm$ 0.49	3.43 $\pm$ 0.32	---	8.88 $\pm$ 0.06
80	1.07 $\pm$ 0.11	3.85 $\pm$ 0.45	3.15 $\pm$ 0.34	3.14 $\pm$ 0.42	11.21 $\pm$ 0.04
95	1.89 $\pm$ 0.24	7.42 $\pm$ 1.19	4.92 $\pm$ 0.55	2.97 $\pm$ 0.47	17.2 $\pm$ 0.12
110	2.91 $\pm$ 0.25	11.6 $\pm$ 0.80	6.71 $\pm$ 0.38	16.1 $\pm$ 1.56	37.31 $\pm$ 0.17

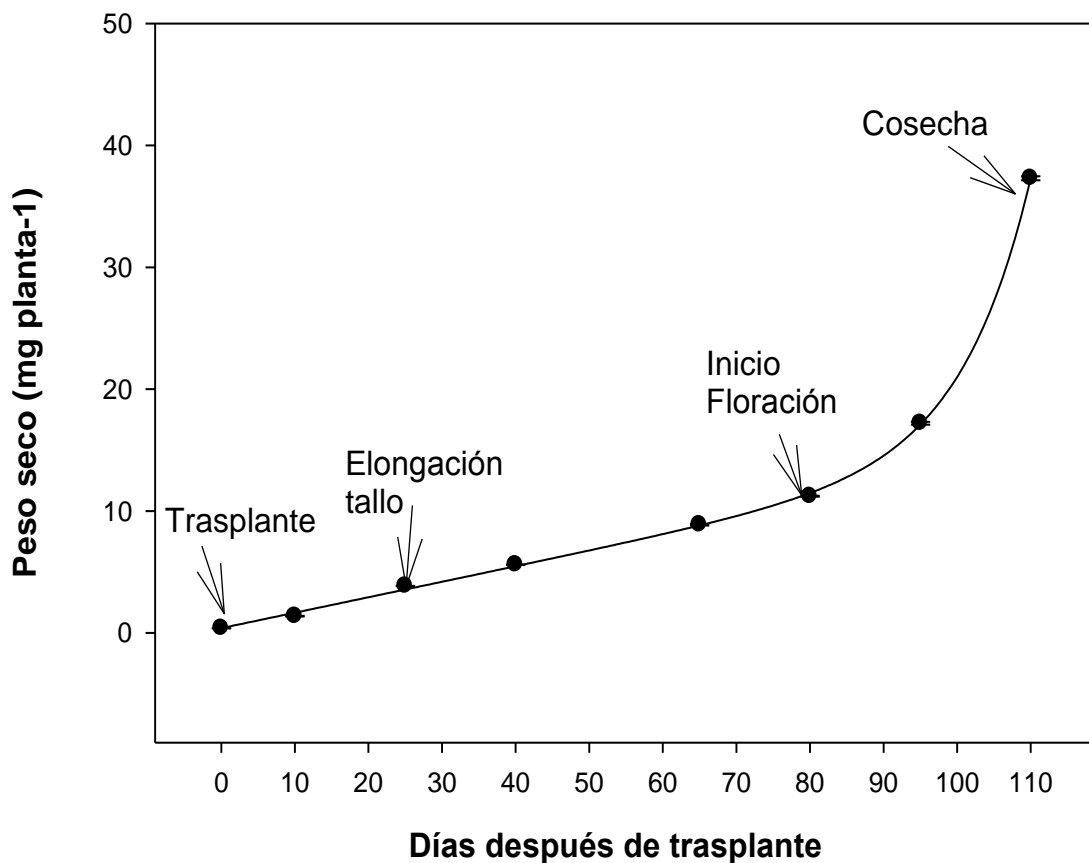


Figura 3. Peso seco en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue y el modelo que la explica en función de los días después del trasplante. Cada punto representa la media de tres repeticiones. Las barras indican el error estándar de la media.

### **Concentración y extracción nutrimental**

El Cuadro 4 muestra que a los 10DDT el lisianthus absorbe los nutrientes en nivel bajo, solo consumen el 1.1% con respecto al total, pero conforme se da el crecimiento de la planta, los niveles de acumulación de nutrientes aumentan. Estos resultados son similares a los obtenidos por Vega (2012) en sandía quien reporta que la absorción de nutrimentos fue muy lenta, los primeros 33 días del ciclo del cultivo, luego la planta incrementó fuertemente la producción de materia seca y acumulación de elementos nutritivos hasta el final de su ciclo. La extracción de N y K tendió a

aumentar desde el momento del trasplante hasta la cosecha (110 DDT) (Cuadro 4). Por otro lado, la concentración de Ca, Mg y P aumentan al inicio de elongación del tallo(25 DDT) hasta la cosecha (Cuadro 4). El elemento más consumido por la planta fue el N con 509 mg planta<sup>-1</sup> seguido por el K con 402 mg planta<sup>-1</sup>, Mg consumió 147 mg planta<sup>-1</sup>, Ca con 122 mg planta<sup>-1</sup> y el elemento que menos extrajo la planta fue el P con 102 mg planta<sup>-1</sup>. Este resultado coincide con Quesada (2013) quien en tomate encontró para todos los elementos una elevada demanda nutricional entre los 72-130 DDT; aproximadamente el 65% del total de los requerimientos de N y P y más del 70% en el caso del K, Ca, Mg y S deben suministrarse en este período. En esta fase sucede la diferenciación floral, fructificación y llenado de la fruta, además del mantenimiento del crecimiento vegetativo. Pineda (2008) indica que la mayor demanda nutricional en frambueso rojo cv. Malling Autumn Bliss se presenta en las etapas de brotación inicial y durante la floración y fructificación.

Cuadro 4. Extracción de macronutrientes en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue. Los datos representan el promedio  $\pm$  error estándar.

DDT	N	Ca	K	Mg	P
	mg planta <sup>-1</sup>				
0	5.75 $\pm$ 0.49	1.38 $\pm$ 0.17	2.89 $\pm$ 0.24	0.96 $\pm$ 0.11	0.74 $\pm$ 0.04
10	28.0 $\pm$ 3.55	5.57 $\pm$ 1.26	10.8 $\pm$ 2.07	3.66 $\pm$ 0.73	3.05 $\pm$ 0.70
25	83.5 $\pm$ 1.20	16.6 $\pm$ 0.20	54.4 $\pm$ 4.06	18.5 $\pm$ 0.61	10.7 $\pm$ 0.40
40	91.0 $\pm$ 1.76	19.6 $\pm$ 1.14	87.5 $\pm$ 9.58	25.1 $\pm$ 0.96	16.3 $\pm$ 0.78
65	131 $\pm$ 7.32	40.7 $\pm$ 4.75	98.4 $\pm$ 7.74	41.0 $\pm$ 4.70	22.4 $\pm$ 1.94
80	151 $\pm$ 13.7	44.6 $\pm$ 5.00	118 $\pm$ 26.7	52.6 $\pm$ 12.9	25.1 $\pm$ 3.35
95	240 $\pm$ 31.3	64.0 $\pm$ 10.6	174 $\pm$ 48.7	69.2 $\pm$ 18.1	44.0 $\pm$ 10.0
110	509 $\pm$ 41.8	122 $\pm$ 23.4	402 $\pm$ 33.2	147 $\pm$ 18.1	102 $\pm$ 14.7

## Extracción de macronutrientes

El N y K fueron los nutrimentos más demandados en lisianthus, con una extracción en orden ascendente N>K>Mg>Ca>P, siendo esta extracción en forma paralela a la acumulación de materia seca. Estos resultados son similares a los obtenidos por Molina (1993) en fresa, quien reporta que la máxima absorción ocurrió entre las semanas 18, 23 y 28, coincidiendo con las etapas de mayor producción de frutos y la acumulación de nutrimentos en orden ascendente fue N>K>Ca>Mg>P>Fe>Mn>Zn>Cu. Cruz (2013) menciona que el N y K son los nutrimentos más demandados por los crisantemos con una extracción de nutrimentos en orden N>K>P>Ca>Mg.

Cuadro 5. Extracción por periodo de macronutrientes en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue, en el periodo de crecimiento.

Días después del trasplante	N	Ca	K	Mg	P
	mg planta <sup>-1</sup>				
0-10	22.3	4.29	7.93	2.69	2.31
11-25	55.4	11.0	43.6	14.9	7.70
26-41	7.58	3.01	33.1	6.55	5.58
42-53	39.6	21.1	10.9	15.9	6.08
54-74	19.9	3.83	19.4	11.6	2.73
75-90	90.1	19.4	55.9	16.6	18.9
91-110	268	57.9	228	77.3	57.4

Según Kofranek (1980) en crisantemo menciona que durante las primeras semanas los sistemas radiculares de las plantas individuales no están expandidos por todo el suelo y hay baja eficiencia en la recuperación de N. La eficiencia aumenta con el tiempo y el mayor requerimiento de N para todas las partes aéreas de las plantas es entre el día 70 y 80, la etapa vegetativa tarda entre 21 y 30 días. El K es un nutrimento que se extraen en grandes cantidades por árboles frutales y hortalizas, saliendo del sistema ya que se cosecha la fruta(Bertsch, 2003).

### **Dinámica de la extracción nutrimental**

La Figura 4 muestra que de Nestuvo directamente relacionada con la producción de biomasa (Figura 4). La absorción del elemento al comenzar el crecimiento vegetativo era baja, pero conforme avanzó el desarrollo de la planta se fue incrementando hasta alcanzar el valor máximo (110 DDT), con una absorción de 509 mg planta<sup>-1</sup>. Posteriormente la mayor absorción de N fue al inicio de floración (80 DDT).

En la Figura 5 muestra la etapa de mayor absorción de N fue entre los 95 y 110 DDT, periodo en el que se acumuló el 53.25% del N total. La máxima absorción coincidió con el periodo de floración. Woodson(1983) señala que las hojas, peciolo y tallos son los órganos en donde el N es acumulado y a partir de aquí es traslocado para sostener el desarrollo de las inflorescencias. Estos resultados coinciden con Rincón(2001) quien reporta en coliflor que la tasa de absorción de N presentó los valores más elevados en el período de mayor crecimiento del fruto, con el 48,9 % del total. Molina (2012) encontró en arroz que la etapa de mayor absorción de N se ubicó entre los 28 y 79 días después de la germinación, período en el que se absorbió el 52% del N total. La máxima absorción de N coincidió con la fase de llenado en la etapa de grano lechoso.



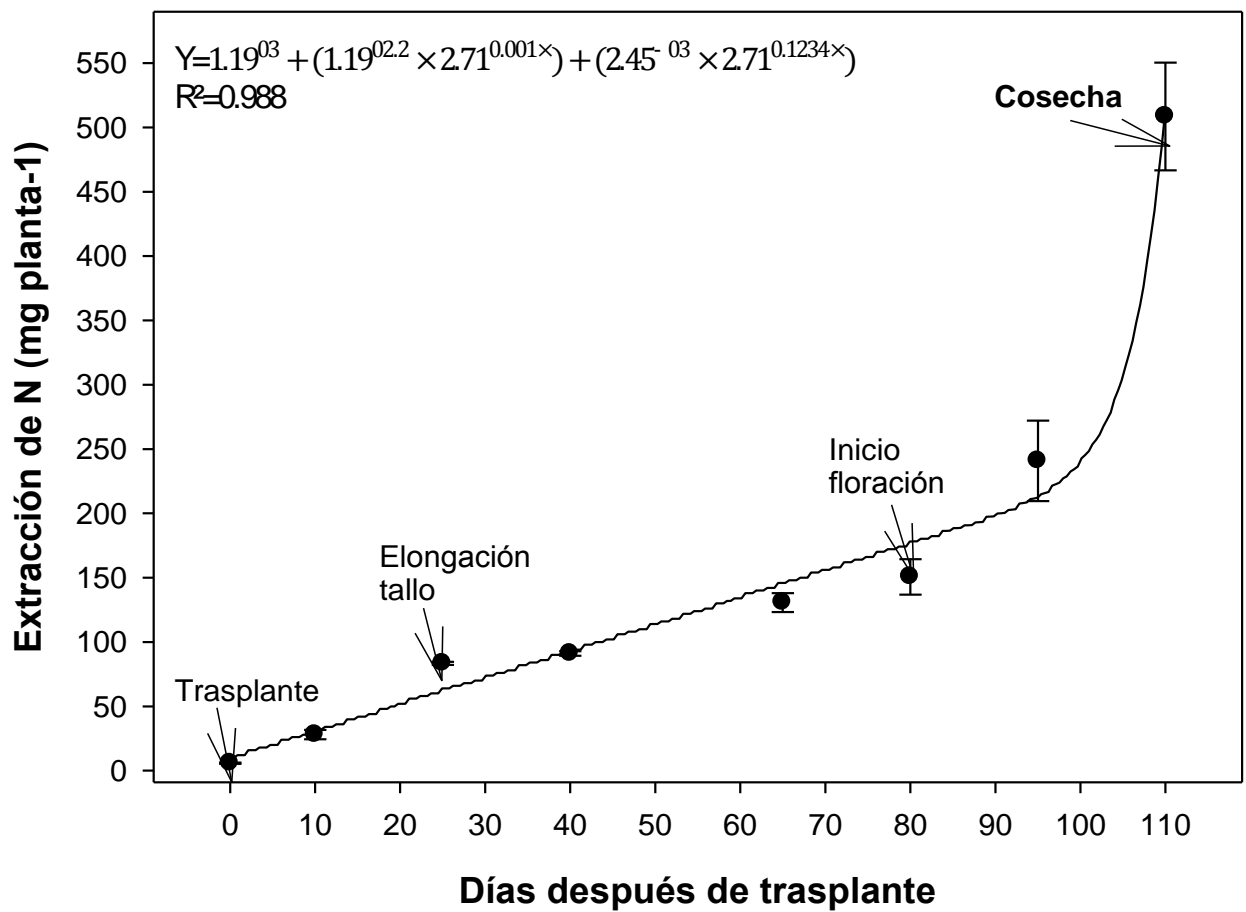


Figura 4. Extracción total de Nitrógeno (N) en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue y el modelo que la explica en función de los días después del trasplante. Cada punto representa la media de tres repeticiones. Las barras indican el error estándar de la media.

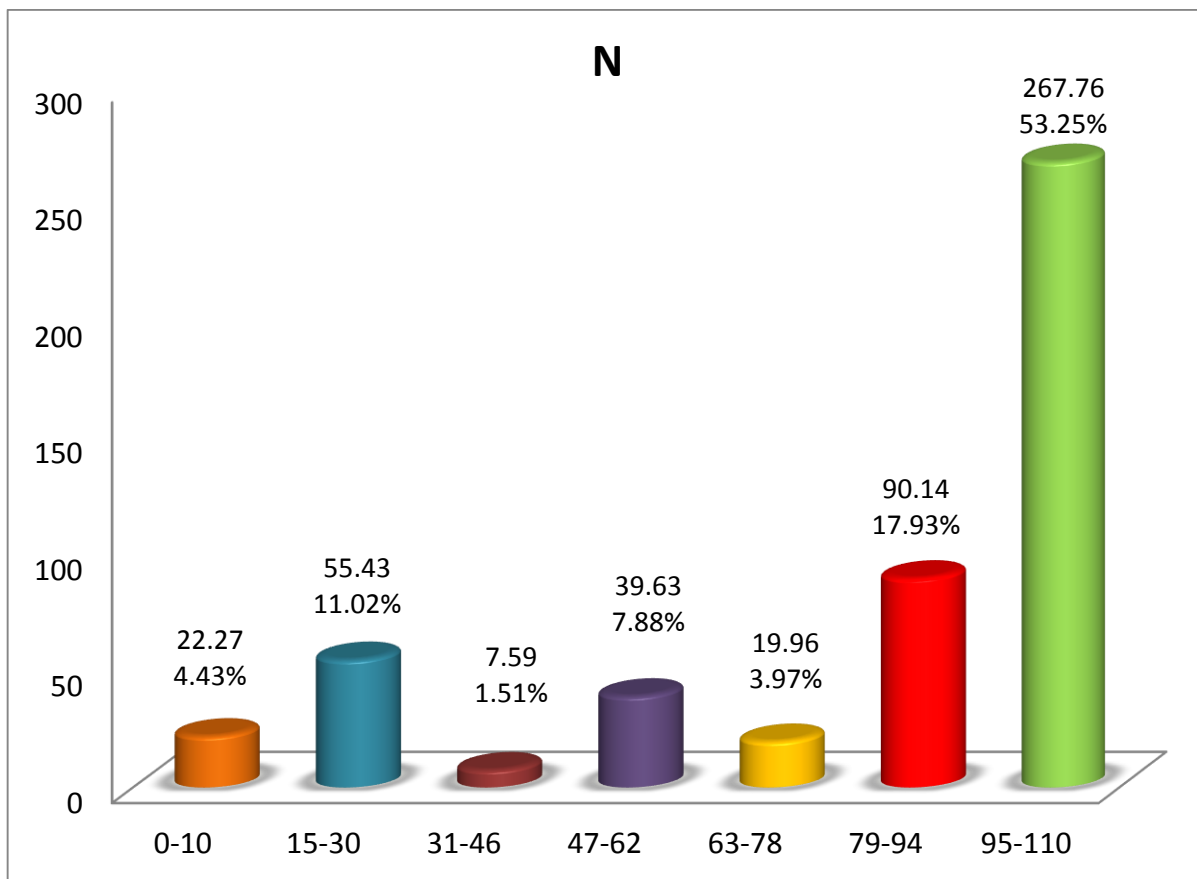


Figura 5. Extracción relativa de Nitrógeno (N) en función del total absorbido por periodo de crecimiento del lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue. Se indican la cantidad extraída por etapa (mg planta<sup>-1</sup>) y el porcentaje con respecto al total.

En la Figura 6 se observa la dinámica de la extracción de K. La extracción de este nutrimento fue en niveles bajos durante el crecimiento vegetativo, pero conforme avanzó el desarrollo de la planta se fue incrementando. En la etapa de inicio de floración la cantidad de extracción de nutrientes comienza a aumentar hasta a un máximo de la etapa reproductiva.

En la Figura 7 se observa que la absorción de K fue ascendente hasta los 110 DDT en el que alcanzó su valor máximo total de 405 mg planta<sup>-1</sup>. Durante la etapa de crecimiento vegetativo (78 DDT) se absorbió el 32% de los requerimientos totales de

K. Después del inicio de floración (95-110 DDT) hasta la cosecha la planta consume el 57% requerido. Los resultados obtenidos resaltan por que la principal función de K es mantener la turgencia física coloidal en el plasma vegetal, lo cual es imprescindible en el metabolismo de la planta (Aparicio, 1999). En los tejidos jóvenes el K es indispensable para obtener una turgencia celular óptima que se requiere para la expansión celular (Mengel y Kirkby, 1982).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Fallas et al.(2010) en mango cultivares Tommy Atkins y Keith, quienes mencionan que en las primeras etapas el fruto absorbe pequeñas cantidades de K, P y N y el incremento en la absorción de estos nutrimentos se inicia a partir del período entre los 61 y 79 días después de floración.

Quesada(2013) menciona en tomate el momento de mayor demanda de este elemento es próximo a los 130DDT. Este es un período significativo de alta producción para el tomate, puesto que según lo señalan Casanova *et al.* (2003), hay floración y fructificación en diferentes estados de desarrollo; además, el crecimiento vegetativo, al ser una variedad de crecimiento semi-indeterminado, no ha cesado, lo que también implica un consumo de K.

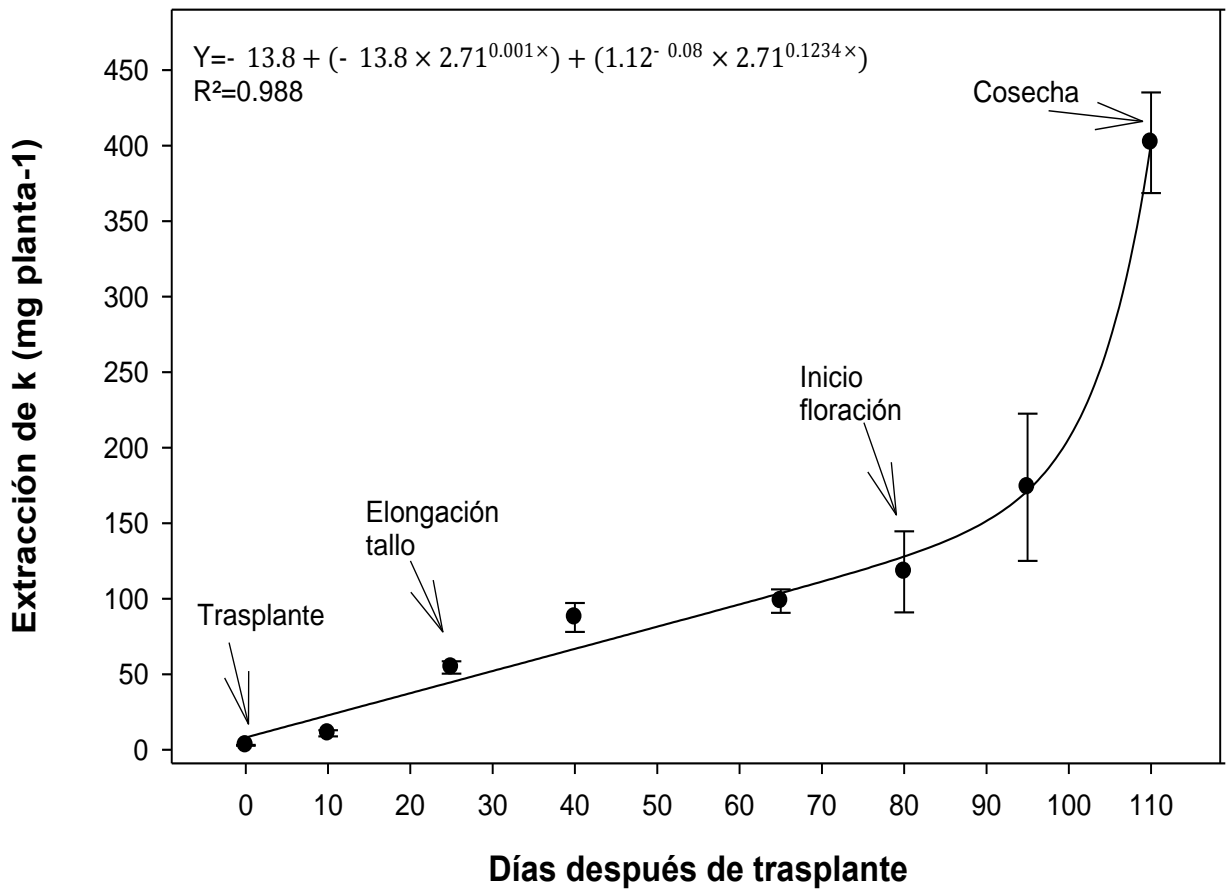


Figura 6. Extracción total de Potasio (K) en *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue, en el periodo de crecimiento y el modelo que la explica en función de los días después del trasplante. Cada punto representa la media de tres repeticiones. Las barras indican el error estándar de la media.

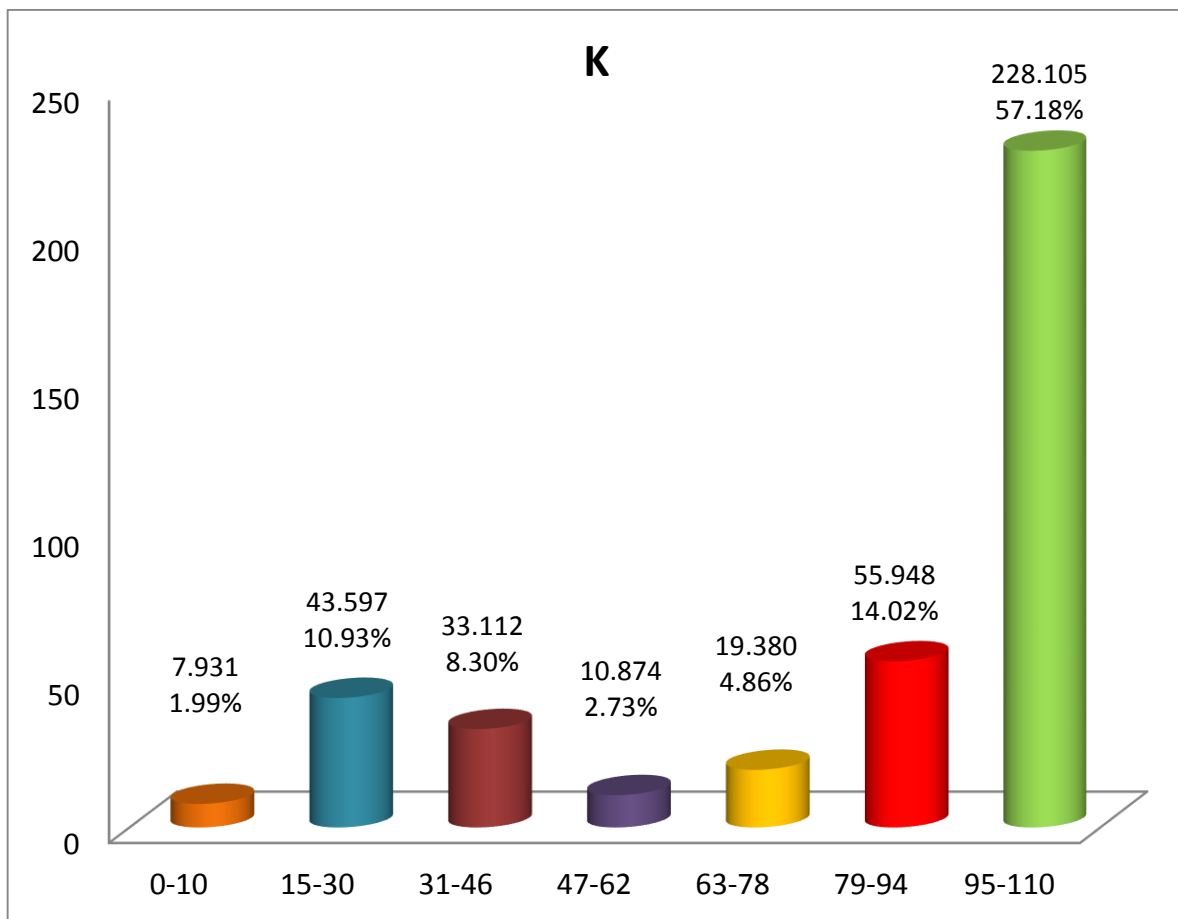


Figura 7. Extracción relativa de Potasio (K) del total absorbido por periodo de crecimiento del lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue. Se indican la cantidad extraída por etapa (mg planta<sup>-1</sup>) y el porcentaje con respecto al total.

La Figura 8 y 9 muestran la dinámica de absorción del P. La extracción de este nutrimento permitió acumular durante el crecimiento 228 mg planta<sup>-1</sup> del P total. En comparación al N, K, Mg, Ca y P, es el macronutriente que se consumió en menor cantidad. Durante los primeros días después del trasplante se acumuló un 2.29% de P del total, mientras la planta aumentaba su crecimiento vegetativo aumentaba la absorción, posteriormente (63-78 DDT) hubo una disminución en la absorción (2.71%), pero en la etapa de inicio de floración hasta cosecha (80-110 DDT) aumentó la absorción extrayéndose el 74% del P total.

Este resultado coincide con el reportado por Pérez (2011) en clavel cv Nelson quien señala que el comportamiento del P parece indicar que éste presentó una demanda superior a las necesarias durante todo el ciclo del cultivo, y particularmente en las semanas 11 y 22, correspondientes a los estados de transición de vegetativo a floral. Ortega (2003) en *Lilium spp.* cv. Miami (Oriental), menciona que la mayor absorción de N, P y K ocurre cerca del punto de cosecha (de la semana 8 en adelante). Lo que sucede es que en este momento las flores se encuentran en el proceso de llenado y por lo tanto necesitan translocar todos los nutrientes disponibles hacia dicho tejido.

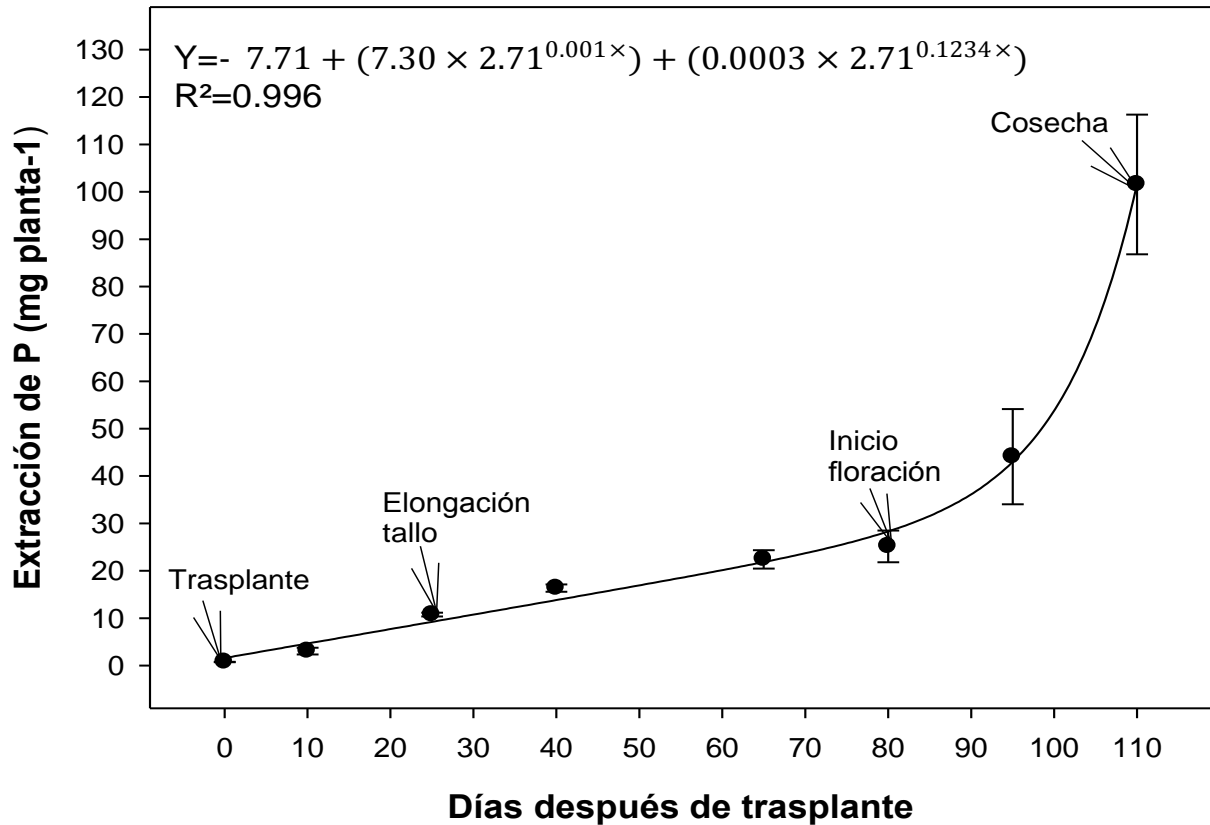


Figura 8. Extracción total de Fósforo (P) en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn)cv. Mariachi Blue, en el periodo de crecimiento y el modelo que la explica en función de los días después del trasplante. Cada punto representa la media de tres repeticiones. Las barras indican el error estándar de la media.

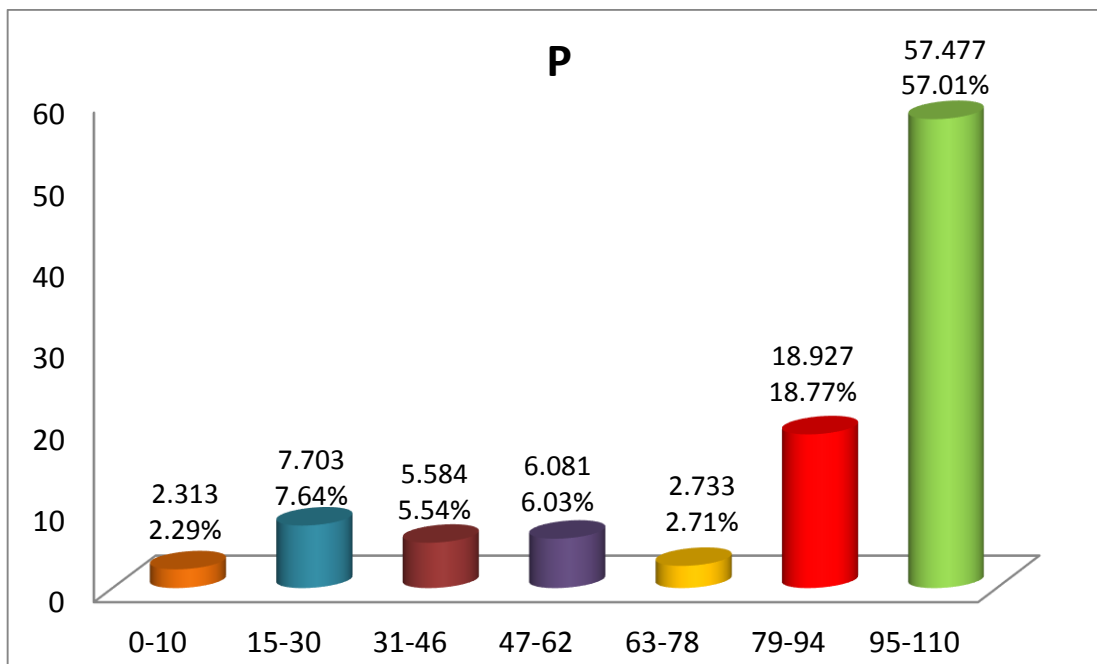


Figura 9. Extracción relativa de Fósforo (P) del total absorbido por periodo de crecimiento del lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue. Se indican la cantidad extraída por etapa (mg planta<sup>-1</sup>) y el porcentaje con respecto al total.

En la Figura 10 y 11 se observa que al comenzar el crecimiento de vegetativo, la absorción de Ca era baja, pero conforme avanzó el desarrollo de la planta se fue incrementando hasta a un máximo de la etapa de inicio de floración y cosecha. La máxima extracción de Ca ocurrió en la etapa de inicio de floración a cosecha (80-110 DDT). En todo el crecimiento vegetativo del lisianthus, se absorbió el 35.9% del Ca total. Después de la elongación del tallo la cantidad de Ca disminuyó y aumentó al inicio de floración hasta la cosecha con el 64% del Ca total. Mengel y Kirkby (1982) mencionan que en hojas el flujo de Ca disminuye después de su madurez, aun cuando se mantenga una transpiración constante. En plantas en crecimiento, el calcio es translocado preferentemente hacia los ápices de los brotes aunque la tasa de transpiración es mucho menor que en las hojas viejas. Es probable que este movimiento preferencial sea inducido por la auxina AIA, que se sintetiza en el ápice del brote. El transporte basipétalo del AIA hace que el Ca se transporte de manera acrópetala.

Este resultado coincide con Rincón (2001) en coliflor quien menciona que las máximas velocidades de absorción de Ca y Mg se produjeron en períodos donde la tasa de crecimiento foliar es máximo (68-82 DDT). Padilla (2007) enrosal cv. Rockefeller menciona que el Ca y S tienen una acumulación progresiva en el tejido y tienen su máxima absorción a los 92 días después de la poda, después del desarrollo vegetativo hasta cosecha.

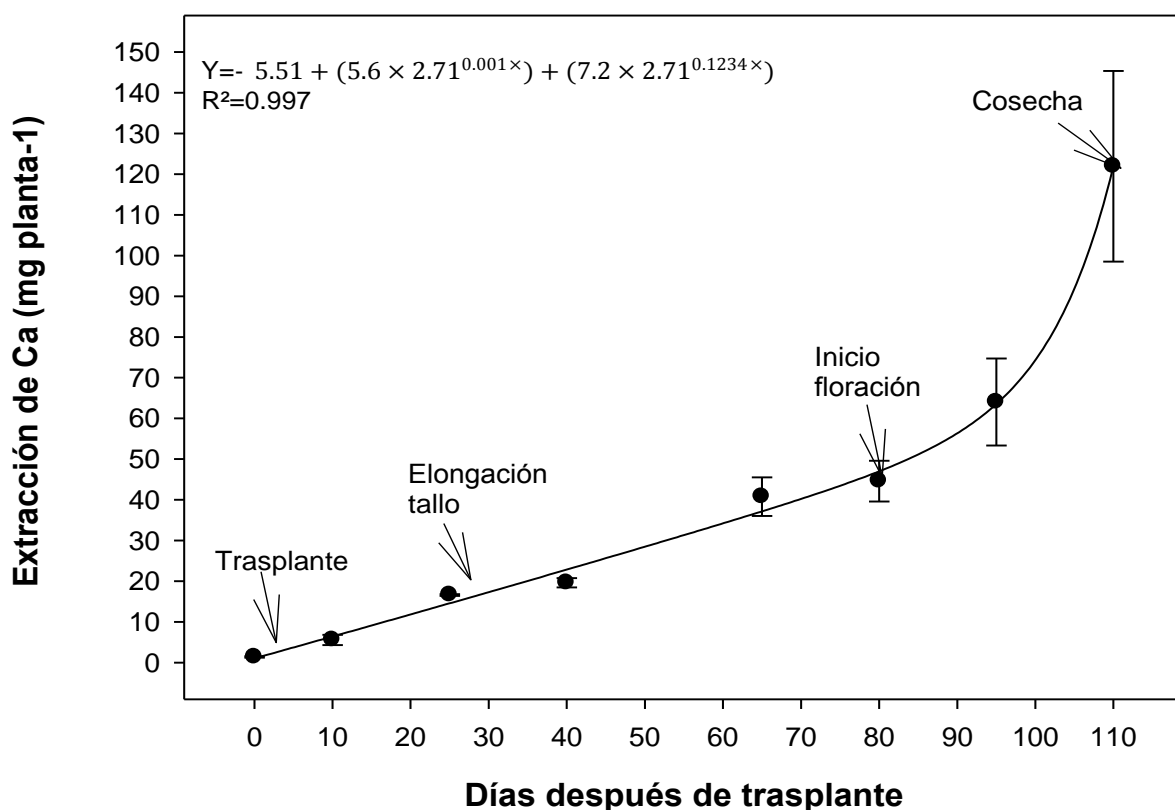


Figura 10. Extracción total de Calcio (Ca) en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn)cv. Mariachi Blue, en el periodo de crecimiento y el modelo que la explica en función de los días después del trasplante. Cada punto representa la media de tres repeticiones. Las barras indican el error estándar de la media.



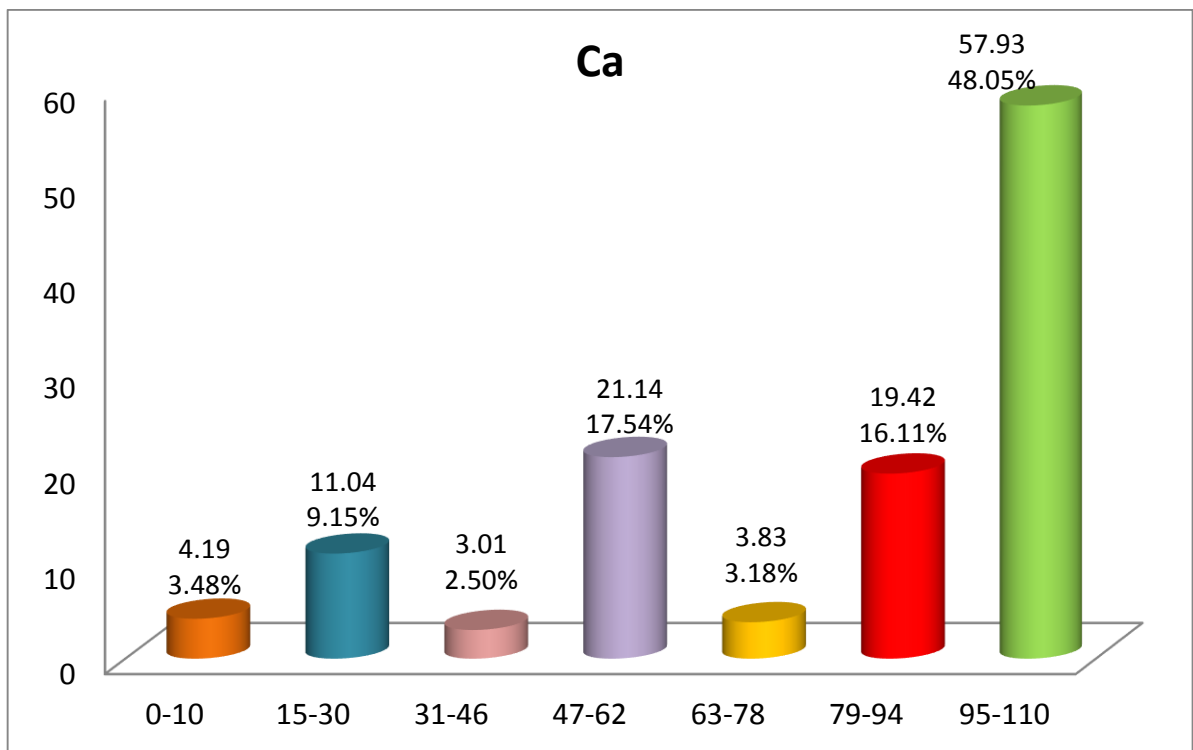


Figura 11. Extracción relativa del Calcio (Ca) del total absorbido por periodo de crecimiento del lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue. Se indican la cantidad extraída por etapa (mg planta<sup>-1</sup>) y el porcentaje con respecto al total.

En la Figura 12 y 13 se observa que al inicio del crecimiento vegetativo, la absorción de Mg era baja, pero conforme avanzó el desarrollo de la planta se fue incrementando. La máxima extracción de Mg ocurrió al inicio de floración hasta cosecha (80-110 DDT). En estas etapas se alcanzó la extracción del 65% del Mg total. La mayor absorción de Mg en la etapa de brotación vegetativa podría atribuirse a que en esta etapa de desarrollo de las hojas se sintetiza gran cantidad de clorofila, siendo el Mg el centro de esta molécula (Marschner, 1995).

Asimismo, el Mg funciona como catalizador de muchas enzimas que se requieren para los procesos de crecimiento de las plantas (Mengel *et al.*, 2001). Este resultado coincide con los reportados por Valle (2005), quien menciona que el pimiento

morrónen los primeros días no fue significativo la extracción de magnesio debido a la reducida área foliar; sin embargo, conforme se acumuló materia seca la cantidad extraída de Mg aumentó debido a que las hojas eran de mayor tamaño. La absorción se presentó de 82 a 98 DDT, lo cual coincide con la etapa de desarrollo de frutos e inicio de cosecha.

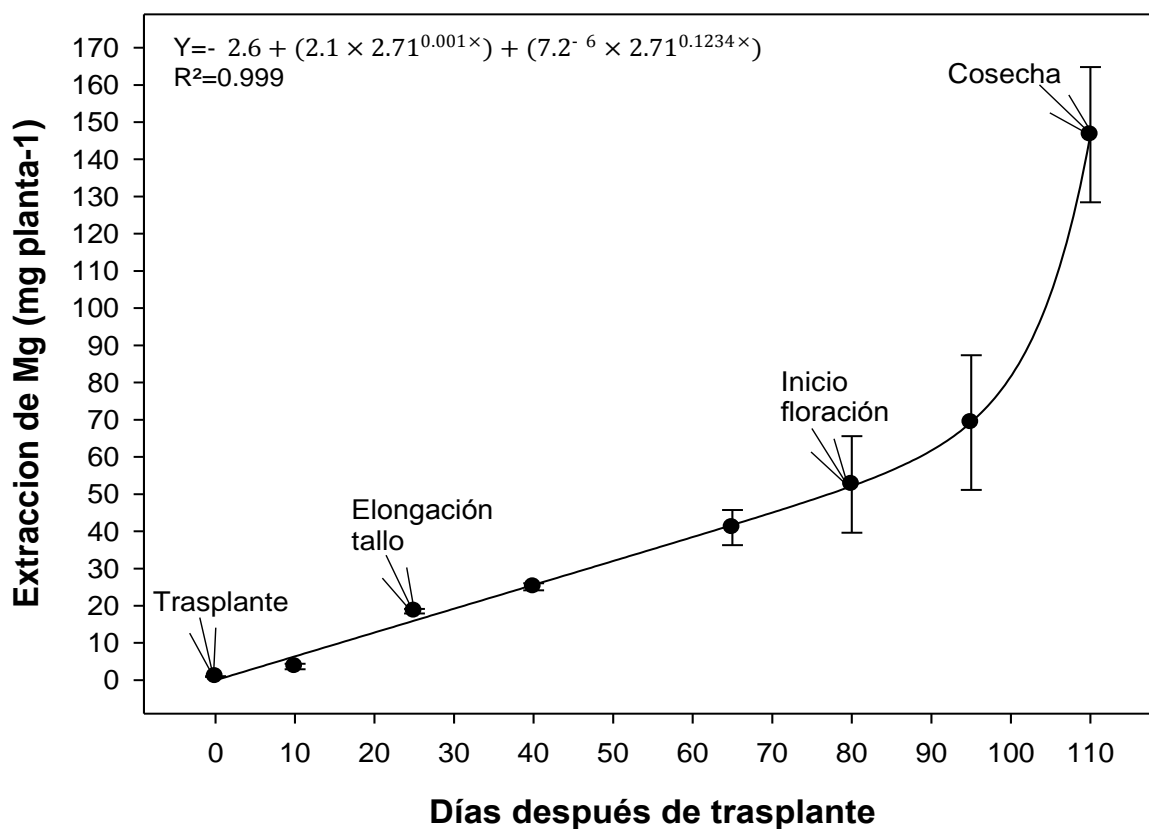


Figura 12. Extracción total de Magnesio (Mg) en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn)cv. Mariachi Blue, en el periodo de crecimiento y el modelo que la explica en función de los días después del trasplante. Cada punto representa la media de tres repeticiones. Las barras indican el error estándar de la media.

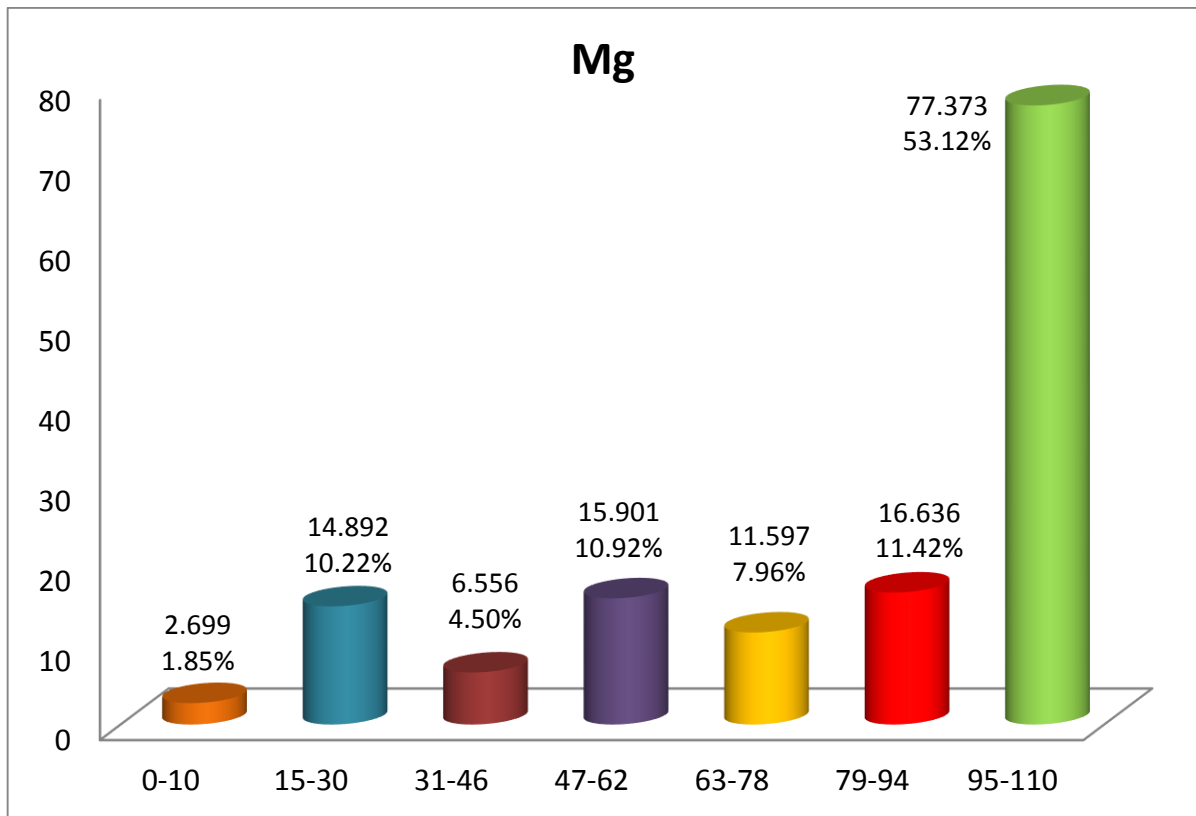


Figura 13. Extracción relativa de Magnesio (Mg) del total absorbido por periodo de crecimiento del lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue. Se indican la cantidad extraída por etapa (mg planta<sup>-1</sup>) y el porcentaje con respecto al total.

## V. CONCLUSIONES

La absorción de nutrientes y crecimiento de *lisianthus* durante los primeros 15 DDT, fue muy lento. Luego de este periodo la planta incrementó la producción de materia seca y la extracción de nutrientes, lo cual indica que la mayor demanda nutrimental se presenta en la etapa de inicio de floración (95 DDT) hasta cosecha (110 DDT), en la cual debe suministrarse más de un 45% del total del requerimiento. Lo anterior indica la necesidad de cambiar las prácticas usuales de fertilización del cultivo y adaptarlas de acuerdo con los periodos de mayor absorción de elemento. La acumulación de nutrientes en orden decreciente fue N>K>Mg>Ca>P, extrayendo un total de 503, 399, 146, 121 y 101 mg planta<sup>-1</sup> respectivamente.

## VI. LITERATURA CITADA

Alcántar G; Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Estado de México.

Alpi, A.; F. Tognoni. 1991. Cultivo en invernadero. 3a edición. Ediciones MundiPrensa. Madrid, España. 347p.

Anderson, D. 1992. The sugarcane plant and magnesium. Sugar Journal 55 (1):12.

Aparicio, V. 1999. Comercialización de crisantemo estándar en San Pablo

Ixayoc. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica: 307 p.

Calvache, M. 2001. Física de suelos. Quito, EC. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 103 p.

Calvache, M. 2002. El riego en el Ecuador. Manejo del agua. Principios fundamentales. Memorias del VIII Congreso Ecuatoriano de la ciencia del Suelo. SECS. 15 p.

Casanova, A., O. Gómez, M. Hernández, M. Chaill, T. Depestre, F. Pupo, J. C. Hernández, V. Moreno, M. León, A. Igarza, C. Duarte, I. Jiménez, R. Santos, A. Navarro, A. Marrero, H. Cardoza, F. Piñeiro, N. Arozarena y L. Vi Iarino. 2003. Manual para la producción protegida de hortalizas. IIHLD. La Habana, Cuba.

Cruz, A. 2013. Estimación de Modelos para Determinar la Acumulación de Macronutrimentos en Crisantemo para Flor de Corte. Tesis de licenciatura,

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

Cruz, E.; Arévalo G. (2006). Soluciones pulso en la calidad de postcosecha de lisianthus (*Eustoma Grandiflorum*) Var. Echo blue. Agricultura Técnica de México. 32 (2): 191-200.

Cuevas, F.1998. Evaluación agronómica de la nutrición mineral con PNK y la aplicación de biopreparados en el cultivo del tomate en un suelo Hidromórfico Gley Nodular ferruginoso. Tesis (Msc., en nutrición y fertilización de las plantas) y bpp.80

Domínguez, R. 2002. Cultivo de lisianthus (*Eustoma Grandiflorum*) [www.uaaan.mx/academic/Horticultura/FloresalturaQmexis.com](http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/FloresalturaQmexis.com) 17 de Octubre 2008

Durán, M. 2008. Determinación de curvas de absorción de nutrientes para la variedad Mex. 79431 de caña de azúcar en la Compañía Azucarera Tres Valles, Cantarranas, Honduras. Tesis de Licenciatura, Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.

Fagundes, L., Miranda J., Junior, C., Vitor, R., Mistura, G. y Martuscello J. 2005. Acúmulo de forragemem pastos de *Brachiaria decumbens* adubadoscomnitrogênioPesq. agropec. bras., Brasília, 40(4), 397-403.

Fallas R., Bertsch F., Miranda E., y Heriquez C.2010. Análisis de crecimiento y absorción de nutrimentos de frutos de mango, cultivares Tommy Atkins y Keith. Agronomía Costarricense 34:1-15

Fageria N.; Balivar V.; Jones C. 1997.Crecimiento y Nutrición Mineral de Cultivos de Campo. Ed. Marcel Decker Inc. New York, USA. 476p.

Favoretto, P. 2005. Parâmetros de crescimento e marcha de absorção de nutrientes na produção de minitubérculos de batata cv. Atlantic. Tesis. ESALQ, Universidad de São Paulo. Brasil. 98 pp.

Garófalo, S. 2012. Extracción de nutrientes por el cultivo de cebada. Tesis de postgrado, Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Agrícolas Instituto de Investigación y Postgrado. Quito Ecuador.

Gardner, F., Brent, P., Mitchell, R. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University. 327p.

Grageda, G. 1999. La Fertilización en hortalizas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional del Noroeste. Folleto Técnico No. 19. Sonora México. 62p.

Harbaugh, B. y Scott, J. (1996). Maurine Blue lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.]. HortScience 31:1055-1056.

Halevy A., Kofranek A. 1984. Evaluation of lisianthus as a new flower crop. Hort. Science 19: 845-847. Harbaugh, B. 1992. Resetting of lisianthus cultivars exposed to high temperature. Hort. Science 27 (8): 885-887.

Hernández, M., Laffiita, M., Moreno, V. y Ojeda, A. 2011 Caracterización del crecimiento y la absorción de macronutrientes en el cultivo protegido del tomate (Híbrido HA 3019). Centro Agrícola 38: 35-44.

Imas, P. 2009. Manejo de nutrientes por fertirriego en sistemas frutihortícolas (en línea). Consultado 16 jul. 2009. Disponible en <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r16614.DOC>

INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo, EC). 1997. Manual Internacional de fertilidad de suelos: Nitrógeno. Quito, EC. p.3-13

Jones, J., Wolf B., Mills H. 1991. Plant Analysis Handbook. MicroMacro Publishing, Inc. USA. 213p.

Kampf, E., Bajak, E., Jank, M. 1990. Do Brasil no mercado internacional de flores e plantas ornamentais. Informe-GEP/DESR, v. 3, p. 3-11.

Kofranek, M.1980. Cut chrysanthemum. Introduction to floriculture.R.A. Larson. Academic Press: 3-45 pp.

Loyola, N. y Vargas, J. (2005). Comparación de los efectos de preservantes en postcosecha de lisianthus (*Eustoma grandiflorum*L.) Ago. Sur.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants.2nd ed. Academic Press.San Diego, CA, USA.

Melgares de Aguilar, J. 1996. El cultivo del Lisianthus. Primera parte. Horticultura 113: 13-16.

Macías, J. 2008. Caracterización de deficiencia de N, P, K, Ca y Mg en crisantemo (*Dentratheuma grantiflora*) var. Red Decan. Tesis de licenciatura, Facultad de Agrobiología Presidente Juárez Uruapan, Michoacán.

Mengel, K., E. A. Kirkby, H. Kosegarten, and T. Appel. 2001. Principles of plant nutrition. 5 thed. Klwer Academic Publishers. Dordrecht,The Netherlands.



Molina, E., Salas, R. y Castro, A. 1993. Curvas de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler) en Alajuela. *Agronomía Costarricense* 17: 67-73.

Montoya, R. 2004. La fertirrigación en la floricultura Mexicana. Universidad Autónoma de Nayarit (México) Programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. Fertirriego: tecnologías y programación en agroplasticultura. Reuniones de coordinación. Almería, España: 312

Navarrete, G. 2005. Curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pepino bajo condiciones de campo en Zamorano. Proyecto especial del programa de Ingeniería en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 32 p.

Nell, T., Barret, J., Leonard, R. 1997. Production factor affecting post production quality of flowering potted plants. *HortScience*, v. 32, p. 817-819.

Nunes, M., Díaz M., Gaspar, A., Oliveira, M., Pinto, E., Carapau A. 1981. Análise do crescimento da beterraba sacarina em cultura de primavera. *Agric. Lusit.* 40: 217-240.

Olvera, A. (2004). Evaluación técnica financiera de *lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*.) Para flor de corte bajo invernadero. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. 80 p.

Ortega B., Correa, B., y Olate, M. 2006. Determinación de las curvas de acumulación de nutrientes entre cultivares de *Lilium* spp. Para flor de corte. *Agrociencia* 40: 77-88.

Padilla, A. 2007. Curva de absorción de nutrientes de la rosa variedad Rockefeller bajo condiciones de macro túnel en la empresa Agro ganadera Espinosa Chiriboga, Cotopaxi, Ecuador. Tesis de licenciatura, Carrera de ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras.

Pineda, J., Avitia, E., Castillo, A., Corona, T., Valdez, L. y Gómez, J. 2008. Extracción de macronutrientes en frambueso rojo. *Terra Latinoamericana* 26: 333-340.

Pérez, J. 2011. Análisis de crecimiento y comportamiento de los nutrientes en clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) variedad Delphi en un sistema de cultivo en sustrato en la sabana de Bogotá. Tesis de postgrado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Perdomo, C., Barbazan, M., y Duran, J. 1998. Área de suelo y agua cátedra de fertilidad Nitrógeno. Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, Montevideo, Uruguay: Consulta electrónica: [www.fagro.edu.uy/fertilidad](http://www.fagro.edu.uy/fertilidad).

Quesada, R. 2013. Obtención de la curva de extracción nutrimental del Híbrido de tomate FB-17. Vol. 31. *Terra Latinoamericana*. Chapingo, México. p 1-7

Roh, M., A. H., Halevy, H. 1989. *Eustoma grandiflorum*. In: Halevy, A. H. (Ed.), *Handbook of Flowering*. CRC Press, Boca Raton, FL. 322-327p.

Rodríguez, S. 1989. Fertilizantes, nutrición Vegetal. A.G.T. Editor. S.A. México, D.F.

Rincón, L., Pellicer, C., Sáez, J., Abadía, A., Pérez, A. y Marín, C. 2001. Crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes de la coliflor. *Estación Serícola Investigación Agrícola: Producción Protección Vegetal* 16: 120-128.

Requejo, R. 2012. Curso de Diagnóstico de nutrición de suelos y plantas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Consulta de clase: agosto-diciembre.

Sancho, H. 2000. Curvas de absorción de nutrientes, importancia y su uso en los programas de fertilización. San José, CR. *Informaciones Agronómicas*. No. 36. p. 11-13

Sonneveld, C. 1987. Magnesium efficiency in rockwool grown tomatoes as affected by climatic condition and plant nutrition. *Journal of plant Nutrition*. 10 (9-16): 1591-1604.

Soria, N. 2008. Nutrición Foliar y Defensa Natural. XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del suelo, Quito, Ecuador. Consulta electrónica: [www.secssuelo.org/XI Congreso](http://www.secssuelo.org/XI Congreso).

Torres, H. 2011. Fertilización foliar y malla sombra en *Eustoma Grandiflorum*. Para incrementar la intensidad del color. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduado, Campus Montecillo Posgrado en edafología, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Valle, M. 2010. Acumulación de biomasa, crecimiento y extracción nutrimental en pimiento morrón. Tesis de posgrado. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Val, J. 2003. Absorption transport and use of the nutrients in plants. The calcium, case study. Congreso Iberoamericano de nutrición vegetal Agro Latino. Barcelona España. (89): 9-16.

Vargas, M.V. 2013. Determinación de las curvas de acumulación de nutrientes en las variedades de clavel Nelson y Dakota (*Dianthus caryophyllus*), Pujil, Cotopaxi. Tesis de maestría, Unidad Central de Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Instituto de Investigación y posgrado, Quito, Ecuador.

Vidalie, H. 1992. Producción de flores y plantas ornamentales. Madrid, Mundi Prensa. 310 p.

Villas, R. 2001. Dosis de nitrógeno para pimentão aplicadas de forma convencional e a través de fertirrigação. Tesis. Universidad Estadual Paulista. Brasil. 66 pp.

Woodson, W. y Boodley W. 1993. Accumulation and partitioning of nitrogen and dry matter during the growth of *Chrysanthemum*. *HortScience* 18:196-197

## VII. APÉNDICE

Cuadro 8. Extracción diaria de N, P, K, Ca y Mg en *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. Mariachi Blue, mediante un modelo de exponencial doble de cinco parámetros, la ecuación utilizada fue:  $Y = y_0 + ae^{bx} + ce^{dx}$  estimado para el respectivo nutrimento.

Días después del trasplante	N	Eficiencia al 50%	K	Eficiencia al 80%	P	Eficiencia al 40%	Ca	Eficiencia al 75%	Mg	Eficiencia al 75%
1	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01
2	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01
3	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01
4	0.03	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01
5	0.03	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01
6	0.03	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01
7	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01
8	0.04	0.09	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01
9	0.05	0.10	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01
10	0.05	0.11	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01
11	0.06	0.12	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01
12	0.07	0.14	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01
13	0.08	0.15	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01
14	0.09	0.17	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01
15	0.10	0.19	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01
16	0.11	0.22	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01
17	0.12	0.24	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.00	0.01
18	0.14	0.28	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.00	0.01
19	0.16	0.31	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.00	0.01
20	0.18	0.35	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.00	0.01
21	0.20	0.40	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.00	0.01
22	0.22	0.45	0.01	0.02	0.01	0.04	0.03	0.03	0.00	0.01
23	0.25	0.50	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.00	0.01
24	0.28	0.57	0.02	0.02	0.02	0.05	0.03	0.04	0.00	0.01
25	0.32	0.64	0.02	0.03	0.02	0.05	0.03	0.04	0.00	0.01
26	0.36	0.73	0.02	0.03	0.02	0.06	0.04	0.05	0.00	0.01
27	0.41	0.82	0.03	0.04	0.03	0.07	0.04	0.05	0.00	0.01
28	0.46	0.93	0.03	0.04	0.03	0.08	0.04	0.06	0.00	0.01
29	0.52	1.05	0.04	0.05	0.04	0.09	0.05	0.06	0.00	0.01
30	0.59	1.19	0.04	0.05	0.04	0.10	0.05	0.07	0.00	0.01
31	0.67	1.34	0.05	0.06	0.05	0.11	0.06	0.08	0.00	0.01

32	0.76	1.51	0.05	0.07	0.05	0.13	0.06	0.08	0.00	0.01
33	0.86	1.71	0.06	0.07	0.06	0.14	0.07	0.09	0.00	0.01
34	0.97	1.93	0.07	0.08	0.07	0.16	0.08	0.10	0.00	0.01
35	1	2.19	0.08	0.10	0.07	0.18	0.09	0.11	0.00	0.01
36	1	2.47	0.09	0.11	0.08	0.21	0.10	0.13	0.00	0.01
37	1	2.79	0.10	0.12	0.09	0.24	0.11	0.14	0.00	0.01
38	2	3.16	0.11	0.14	0.11	0.27	0.12	0.16	0.00	0.01
39	2	3.57	0.13	0.16	0.12	0.30	0.13	0.18	0.00	0.01
40	2	4.04	0.14	0.18	0.14	0.34	0.15	0.20	0.00	0.01
41	2	4.57	0.16	0.20	0.15	0.39	0.17	0.22	0.00	0.01
42	3	5.16	0.18	0.23	0.18	0.44	0.19	0.25	0.00	0.01
43	3	5.84	0.21	0.26	0.20	0.50	0.21	0.28	0.00	0.01
44	3	6.60	0.24	0.29	0.22	0.56	0.24	0.31	0.00	0.01
45	4	7.47	0.27	0.33	0.25	0.63	0.27	0.35	0.00	0.01
46	4	8.44	0.30	0.38	0.29	0.72	0.30	0.40	0.00	0.01
47	5	9.5	0.34	0.43	0.32	0.81	0.34	0.45	0.00	0.01
48	5	10.8	0.39	0.48	0.37	0.92	0.38	0.50	0.00	0.01
49	6	12.2	0.44	0.55	0.41	1.04	0.43	0.57	0.00	0.01
50	7	13.8	0.50	0.62	0.47	1.17	0.48	0.64	0.00	0.01
51	8	15.6	0.56	0.70	0.53	1.33	0.54	0.72	0.00	0.01
52	9	17.7	0.64	0.80	0.60	1.50	0.61	0.82	0.00	0.01
53	10	20.0	0.72	0.90	0.68	1.70	0.69	0.92	0.00	0.01
54	11	22.6	0.82	1.02	0.77	1.92	0.78	1.04	0.00	0.01
55	13	25.5	0.93	1.16	0.87	2.17	0.88	1.17	0.00	0.01
56	14	28.9	1.05	1.31	0.98	2.45	0.99	1.32	0.00	0.01
57	16	32.7	1.19	1.48	1.11	2.78	1.12	1.50	0.00	0.01
58	18	36.9	1.35	1.68	1.26	3.14	1.27	1.69	0.00	0.01
59	21	41.8	1.52	1.90	1.42	3.55	1.43	1.91	0.00	0.01
60	24	47.2	1.73	2.16	1.61	4.01	1.62	2.16	0.00	0.01
61	27	53.4	1.95	2.44	1.82	4.54	1.83	2.44	0.00	0.01
62	30	60.4	2.21	2.77	2.05	5.13	2.07	2.75	0.00	0.01
63	34	68.3	2.51	3.13	2.32	5.81	2.33	3.11	0.00	0.01
64	39	77.3	2.84	3.55	2.63	6.57	2.64	3.52	0.00	0.01
65	44	87.4	3.21	4.02	2.97	7.43	2.98	3.98	0.00	0.01
66	49	98.8	3.64	4.55	3.36	8.40	3.37	4.49	0.00	0.01
67	56	112	4.12	5.15	3.80	9.50	3.81	5.08	0.00	0.01
68	63	126	4.67	5.84	4.30	10.7	4.31	5.74	0.00	0.01
69	71	143	5.29	6.61	4.86	12.1	4.87	6.49	0.00	0.01
70	81	162	5.99	7.48	5.50	13.7	5.51	7.34	0.00	0.01
71	91	183	6.78	8.48	6.21	15.5	6.23	8.30	0.00	0.01
72	103	207	7.68	9.6	7.03	17.6	7.04	9.39	0.00	0.01
73	117	234	8.70	10.9	7.95	19.9	7.96	10.6	0.00	0.01
74	132	264	9.85	12.3	8.99	22.5	9.00	12.0	0.00	0.01

75	149	299	11.2	13.9	10.2	25.4	10.2	13.6	0.00	0.01
76	169	338	12.6	15.8	11.5	28.7	11.5	15.3	0.00	0.01
77	191	382	14.3	17.9	13.0	32.5	13.0	17.4	0.00	0.01
78	216	432	16.2	20.2	14.7	36.8	14.7	19.6	0.00	0.01
79	245	489	18.3	22.9	16.6	41.6	16.6	22.2	0.00	0.01
80	277	553	20.8	26.0	18.8	47.0	18.8	25.1	0.01	0.01
81	313	626	23.5	29.4	21.3	53.2	21.3	28.4	0.01	0.01
82	354	707	26.6	33.3	24.1	60.1	24.1	32.1	0.01	0.01
83	400	800	30.2	37.7	27.2	68.0	27.2	36.3	0.01	0.01
84	452	905	34.2	42.7	30.8	76.9	30.8	41.0	0.01	0.01
85	512	1023	38.7	48.4	34.8	87.0	34.8	46.4	0.01	0.01
86	579	1157	43.8	54.8	39.3	98.4	39.4	52.5	0.01	0.01
87	654	1309	49.6	62.0	44.5	111	44.5	59.3	0.01	0.01
88	740	1480	56.2	70.2	50.3	126	50.3	67.1	0.01	0.01
89	837	1674	63.6	79.5	56.9	142	56.9	75.9	0.01	0.01
90	946	1893	72.1	90.1	64.4	161	64.4	85.8	0.01	0.01
91	1070	2140	81.6	102	72.8	182	72.8	97.0	0.01	0.01
92	1210	2421	92.4	116	82.3	206	82.3	110	0.01	0.01
93	1369	2738	105	131	93.1	233	93.1	124	0.01	0.01
94	1548	3096	119	148	105	263	105	140	0.01	0.01
95	1751	3501	134	168	119	298	119	159	0.01	0.01
96	1980	3960	152	190	135	337	135	180	0.01	0.01
97	2239	4478	172	215	152	381	152	203	0.01	0.01
98	2532	5064	195	244	172	430	172	230	0.01	0.01
99	2864	5727	221	276	195	487	195	260	0.01	0.01
100	3238	6477	250	312	220	551	220	294	0.01	0.01
101	3662	7325	283	354	249	623	249	332	0.01	0.01
102	4142	8284	321	401	282	704	282	376	0.01	0.01
103	4684	9368	363	454	319	796	319	425	0.01	0.01
104	5297	10595	411	514	360	901	360	480	0.01	0.01
105	5991	11982	466	582	407	1018	407	543	0.01	0.01
106	6775	13550	527	659	461	1152	461	614	0.01	0.01
107	7662	15324	597	746	521	1303	521	695	0.01	0.01
108	8665	17330	676	845	589	1473	589	786	0.01	0.01
109	9799	19599	766	957	666	1666	666	888	0.01	0.01
110	11082	22164	867	1084	754	1884	754	1005	0.01	0.01