

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Respuesta de Plantas de Rosa (*Rosa* sp.) Para Flor de Corte en Función de la Interacción Nitrato/Potasio en la Solución Nutritiva

Por:

**MAYRA VERÓNICA OROZCO NÚÑEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuesta de Plantas de Rosa (*Rosa* sp.) Para Flor de Corte en Función de la Interacción Nitrato/Potasio en la Solución Nutritiva

Por:

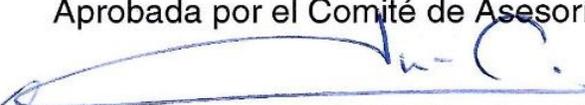
**MAYRA VERÓNICA OROZCO NÚÑEZ**

TESIS

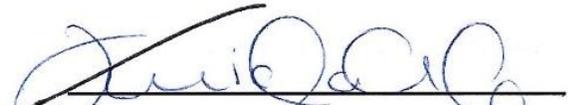
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar  
Asesor Principal

  
Dr. José Alfredo Hernández Maruri  
Coasesor

  
Dra. Daniela Alvarado Camarillo  
Coasesor

  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2018



## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por permitirme estar en este mundo y darme unos excelentes padres. Gracias por cada lección de vida que me has brindado, pues me ha ayudado a crecer como persona y has cuidado de mí todo el tiempo.

### **A mí Alma Mater, la Gloriosa Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**

Gracias mi amada Universidad por acogerme en tus aulas, por todo lo que me has brindado, gracias a ti me he formado profesionalmente y he conocido a personas extraordinarias que forman parte de mi vida.

### **A mis padres**

Por darme la vida, guiarme por el mejor camino, por todo el amor que me brindan, el apoyo y confianza con la que me han permitido llegar hasta donde he querido. Los Amo.

### **A Agustín Vargas Aguilar**

Por el apoyo y acompañamiento durante nuestro paso por esta institución, por escucharme, amigo, paisano, juntos logramos sacar este trabajo adelante.

### **Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar**

Por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto de investigación, así como de formar parte de su equipo de trabajo, por la confianza que deposito en mí, por la asesoría brindada y los conocimientos compartidos.

**A la Dra. Daniela Alvarado Camarillo**

Por su apoyo brindado durante la realización de este proyecto de investigación, la asesoría y acompañamiento durante todo el transcurso de este trabajo y por su disposición de aclarar mis dudas.

**Al Dr. José Alfredo Hernández Maruri**

Por su colaboración, apoyo y el tiempo invertido en la revisión del presente trabajo de investigación.

**Al Dr. Armando Hernández Pérez**

Por dirigirme con la Dra. Daniela para la realización de este trabajo, por su apoyo brindado, así como su amistad durante el transcurso de este tiempo.

**Al Dr. Alberto Sandoval Rangel**

Por ser mi tutor y guiarme durante la estancia en mi Alma Mater, por estar al pendiente de mí, brindarme su apoyo, su confianza, así como por orientarme a realizar el presente trabajo con mis asesores.

**A la Dra. Juana Cruz García Santiago**

Por escucharme, aconsejarme, por brindarme su valiosa amistad y afecto, así como el conocimiento transmitido.

**Al M.C. Alfonso Rojas Duarte**

Por su amistad brindada, por estar al pendiente de mí, por apoyarme en todo momento, por el conocimiento transmitido.

**Al Dr. José Antonio Gonzales Fuentes**

Por apoyarme siempre en cualquier momento, por brindarme su amistad

**Al M.C. Inocente Mata Beltrán**

Por fortalecer mi carácter y mi autoestima. Por la manera tan peculiar de transmitir su conocimiento.

**Al Ing. Marcos David Navarrete Becerra**

Por todos los consejos que me ha brindado, por orientarme, por depositar su confianza en mí, así como estar al pendiente durante todo el transcurso de mi carrera.

**Al Ing. Francisco Núñez Magdaleno +**

Por sus sabios consejos y el apoyo que me brindó hasta el último de sus días.

**A Camilo Orozco Aguilar**

Por todo el amor que me ha brindado desde que llegue a este mundo, por todo el apoyo que me ha brindado durante mi vida, por depositar su confianza en mí, por animarme y nunca permitir que me detenga y ayudarme a alcanzar mis sueños.

**A María Concepción, Guillermina, Virginia Orozco Aguilar, Elisa, Araceli, Blanca, Griselda y Virginia Núñez Magdaleno**

Por todo el amor que me han brindado por escucharme siempre y estar en la mejor disposición de apoyarme en todo momento.

**A la Familia Aguilar Rosales**

Por todo el amor, cuidados y protección que me han brindado, por creer en mí.

**Al Ing. Rigoberto Gutiérrez Segundo**

Por todo el amor y tiempo brindado, por siempre darme ánimos e impulsarme a ser mejor cada día, así como tu colaboración en el presente trabajo.

### **A José de Jesús Vargas Arellano**

Por brindarme tu amistad sincera, apoyarme, aconsejarme y estar siempre ahí cuando más te he necesitado eres una gran persona querido amigo.

### **A Ángel García Jiménez**

Por tu grata compañía durante todo el transcurso de la carrera porque cuidaste de mí, siempre me apoyaste y escuchaste en los buenos y malos momentos, eres un pilar en mi vida, pues, aunque no estemos juntos siempre yo estaré para ti y sé que tú estarás para mí.

### **A Luis Alfonso Zavala Olvera**

Por tu valiosa amistad y cariño que me has brindado durante todo el tiempo que hemos pasado juntos a lo largo de nuestra carrera, así como tu apoyo en momentos de dificultad, por escucharme y estar ahí cuando te necesito.

### **A Regina Martínez Mares**

Por la amistad, apoyo y sinceridad que solo tú has sabido brindarme querida amiga.

### **A Alejandro Lozano Mireles**

Por todo el apoyo que me has brindado en esos momentos más difíciles y acompañarme en mis momentos de soledad.

### **A Jorge Valdez Tafoya**

Por tu amistad, consejos, convivencia y el tiempo compartido.

### **Al M.C. Ariel Méndez Cifuentes**

Por el apoyo que me has brindado, por estar siempre para mí cuando te necesito.

**Al M.C Etelberto Cortez Quevedo**

Por el apoyo que me has brindado siempre, por aconsejarme y orientarme.

**A Jonathan Ernesto Hernández Chilel**

Por tu cariño, por ver en mí una hermana y permitirme verte como mi hermano por todo el apoyo que siempre me brindaste.

**A Jairo Nahú Orduña Salinas y Sergio Rojas Torres**

Por su bonita amistad durante todo el transcurso de la carrera, la compañía y el tiempo compartido.

**A Héctor Reyes Cardiel**

Por tu amistad, por escucharme y el tiempo compartido.

**A Jesús Galván Vargas**

Por tu amistad, por el cariño que me has brindado, por preocuparte por mí y acompañarme siempre en esos buenos y malos momentos, así como tu apoyo durante la realización del experimento.

**A María Concepción Peralta Soriano**

Por tu bonita amistad, por escucharme, aconsejarme, el tiempo compartido y estar al pendiente de mí en los buenos y malos momentos.

**A Marco Tulio Bautista Bautista**

Por tu amistad, apoyo y estar conmigo en las buenas y malas por confiar en mí.

**A Gerardo Garnica Chico**

Por tu valiosa amistad, tus consejos, por compartir el tiempo conmigo, ser mi confidente y apoyar mis locuras.

**A Rosalba de la Cruz Díaz Rodríguez y María Guadalupe Rodríguez Martínez**

Por su cariño, amistad y todo el apoyo que me han brindado en todo momento.

**A Marcela Contreras Rivera**

Por su amistad, el tiempo compartido, los buenos y malos momentos.

**A la Ing. Alicia Ramírez Flores**

Por su acompañamiento durante mi estancia en el SABES por su amistad, todo el cariño que me brindo, sus buenos consejos y el apoyo incondicional, así como los conocimientos transmitidos sin duda una de mis mejores maestras.

**A mis compadres Salvador Orozco Aguilar e Iris Isabel Rivera**

Por sus buenos consejos, por apoyarme siempre y por confiar en mí, por brindarme su amor y la oportunidad de ser un ejemplo para sus hijos.

**A mis ahijados Oswaldo Ezequiel Orozco Rivera y Osmar Agustín Orozco Rivera**

Por el amor y la felicidad que le brindan a mi vida, los quiero mis niños.

**A Bernardo Muñoz y Elvia Peralta**

Por el cariño, la confianza y el apoyo que me brindaron pues no solo me abrieron las puertas de su casa también me dieron un hogar y una segunda familia.

## **DEDICATORIAS**

### **A Dios**

Por ser mi guía, mi protector y darme las fuerzas para llegar hasta donde me lo he propuesto siempre, por poner en mi camino a personas que me apoyan y están conmigo en cada situación también a personas que han puesto dificultades en mi vida pues ayudaron a fortalecerme y forjar mi carácter, gracias Dios por el regalo de la vida.

### **A mi padre Nasario Orozco Aguilar**

Por ser mi inspiración y guía durante mi vida, por siempre motivarme en los momentos difíciles y nunca abandonarme, por alentarme siempre a ser mejor persona cada día, por enseñarme a proponerme metas y siempre alcanzarlas a tener sueños y luchar por ellos, que para atrás nunca ni siquiera para agarrar vuelo y puro pa'delante, por tu apoyo incondicional en todas mis decisiones tomadas y siempre estar conmigo durante los momentos más difíciles de mi vida. Te amo papá.

### **A mi madre Lidia Núñez Magdaleno**

Por ser un ejemplo de mujer, gracias por darme la vida, por ser mi guía y mi más grande inspiración por enseñarme a que si se quiere se puede y no hay obstáculos, por tu apoyo, por escucharme siempre y preocuparte por mi bienestar, por los consejos que siempre me das, gracias a ti soy esta persona que lucha por lo que quiere pues tengo el mejor ejemplo a mi mejor guerrera mi hermosa madre, porque siempre estás conmigo en los mejores pero sobre todo en los peores momentos me

das tu mano para salir adelante y sobre todo por tu amor incondicional que siempre me brindas. Te Amo mamá.

### **A mi hermano Juan Andrés Orozco Núñez**

Por todos los momentos que hemos compartido, los sueños planeados y algunos realizados, por apoyarme siempre y no dejar que me rinda, por ser mi cómplice, mi amigo, por entusiasmarme y contagiarme de esa alegría con tus ocurrencias que te caracterizan, también las enseñanzas que me has brindado, por nunca dejarme sola.

### **A mi hermana María de la luz Orozco Núñez**

Por los momentos compartidos, por ser mí amiga, mi confidente, mi cómplice, por apoyarme siempre en mis decisiones y por darme la alegría de ser tía, por traer a ese amor de personita a inundar de felicidad nuestras vidas.

### **A mi hermana Jaqueline Orozco Núñez**

Por todo el amor que me brindas, por ser mi confidente, mi cómplice y a pesar de tu corta edad me haces reflexionar de muchas maneras por tu forma de ver y hacerme ver la vida, por confiar en mí, por tu alegría y entusiasmo que le pones siempre a todo, por permitirme guiarte y por todas las metas que te propones me siento orgullosa de ti.

### **A mi Sobrina Melany Valeria**

Gracias Mely por la felicidad que me brindas, pues en cada momento triste el solo pensarte o saber de ti le da un giro completo a mi vida y me recarga de energía para seguir adelante eres un amor de persona te quiero mucho niña.

**A mis abuelitos Agapito Orozco Rodríguez y María de la luz Aguilar Martínez**

Por todo el amor que me brindan siempre, por sus buenos consejos, por confiar en mi apoyarme e impulsarme a ser mejor cada día, por darme al mejor padre.

**A mis abuelitos Francisco Núñez García y Josefina Magdaleno Mendoza<sup>+</sup>**

Por todo el amor que me han brindado siempre, por sus buenos consejos, por confiar en mi apoyarme e impulsarme a ser mejor cada día, por darme a la mejor madre.

## INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS .....	13
INDICE DE CUADROS .....	14
RESUMEN .....	15
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>16</b>
Justificación .....	19
Objetivos .....	19
Objetivo general .....	19
Objetivos específicos .....	19
Hipótesis.....	19
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>20</b>
Origen, historia y domesticación .....	20
El cultivo del rosal en México .....	21
Variedad Freedom .....	22
Porta injerto Natal Brier .....	22
Producción de planta injertada.....	22
Podas .....	23
Cosecha.....	24
Clasificación taxonómica.....	25
Características botánicas .....	26
Raíz.....	26
Tallo .....	26

Hojas.....	27
Flores.....	27
Frutos.....	27
Semillas.....	28
Requerimientos climáticos y edáficos.....	28
Temperatura.....	28
Humedad.....	28
Iluminación.....	29
Nutrición de la rosa.....	29
Cultivo en suelo.....	30
Impacto ambiental del cultivo en suelo.....	30
Cultivo sin suelo.....	32
Soluciones nutritivas.....	32
Interacciones nutrimentales.....	33
La interacción $\text{NO}_3^-/\text{K}$ .....	35
Relaciones $\text{NO}_3^-/\text{K}$ .....	37
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>39</b>
Ubicación y localización.....	39
Material Experimental.....	39
Manejo del sistema hidropónico cerrado en un cultivo sin suelo.....	39

Manejo del experimento .....	41
Muestreos .....	41
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	<b>43</b>
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	<b>53</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>57</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>58</b>
Páginas electrónicas consultadas .....	67

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Longitud del tallo floral (cm) de rosa ( <i>Rosa</i> sp.) a diferentes concentraciones y balances de $\text{NO}_3^-/\text{K}$ . .....	47
<b>Figura 2.</b> Diámetro inferior del tallo floral (mm) de rosa ( <i>Rosa</i> sp.) a diferentes concentraciones y balances de $\text{NO}_3^-/\text{K}$ . .....	49
<b>Figura 3.</b> Diámetro del botón floral (mm) de rosa ( <i>Rosa</i> sp.) a diferentes concentraciones y balances de $\text{NO}_3^-/\text{K}$ . .....	50
<b>Figura 4.</b> Rendimiento de flor de corte (flores/planta <sup>-1</sup> ) en rosa ( <i>Rosa</i> sp.) a diferentes concentraciones y balances de $\text{NO}_3^-/\text{K}$ . .....	52

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Relación $\text{NO}_3^-/\text{K}$ en la solución nutritiva de los tratamientos evaluados en el experimento.....	40
<b>Cuadro 2.</b> Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}$ obtenida mediante diferentes concentraciones de los nutrientes en el peso seco total de hojas y flor en flor cortada de plantas de rosa ( <i>Rosa sp</i> ). .....	44
<b>Cuadro 3.</b> Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}$ obtenida mediante diferentes concentraciones de los nutrientes en la longitud de tallo floral en flor cortada de plantas de rosa ( <i>Rosa sp</i> ). .....	46
<b>Cuadro 4.</b> Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}$ obtenida mediante diferentes concentraciones de los nutrientes en el diámetro del tallo floral en flor cortada de plantas de rosa ( <i>Rosa sp</i> ). .....	48
<b>Cuadro 5.</b> Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{K}$ obtenidas mediante diferentes concentraciones de nutrientes en el rendimiento en flor cortada de plantas de rosa ( <i>Rosa sp</i> ).....	51

## RESUMEN

Actualmente la rosa es considerada como una de las flores de corte más importantes por la alta derrama económica que genera. Los requisitos que el mercado presenta son: un botón de calidad en cuanto a tamaño y color, además de un tallo largo y con buen follaje, para conseguir dichas características es necesario el manejo de una buena nutrición principalmente con elementos como el  $\text{NO}_3^-$  y K los cuales son altamente demandados, sin embargo las aplicaciones que se realizan en campo no son las adecuadas además de la alta contaminación que esto genera en cuanto a los mantos acuíferos y el suelo, es por ello que se buscan otras alternativas que nos permitan lograr nuestros objetivos sin dejar a un lado el cuidado del medio ambiente, a causa de esto se ha comenzado a implementar el cultivo sin suelo con sistemas de recirculación. En el presente estudio se evaluaron 14 tratamientos  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  (11.5/5, 8/11, 11.5/8, 11.5/8, 15/11, 15/5, 8/7.9, 13/6.5, 11.5/7, 12/7, 15/8, 9.5/6.5, 13.5/9.5, 9/9.8). Los muestreos fueron destructivos para determinar las variables evaluadas las cuales fueron peso seco, longitud y diámetro del tallo, longitud y diámetro del botón y rendimiento. El tratamiento 7 con 8  $\text{meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y 7.9  $\text{meqL}^{-1}$  de K mostro los mejores resultados en cuanto a longitud de tallo con 71.10 cm de largo y un rendimiento de 6.25 tallos planta<sup>-1</sup>, con esto podemos concluir que 8  $\text{meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y 7.9  $\text{meqL}^{-1}$  de K es un balance óptimo el cual nos permite obtener tallos y botones de calidad comercial, así como un rendimiento aceptable en el cultivo de rosa (*Rosa* sp.)

**Palabras clave:** *Rosa* sp., Sistema de recirculación, interacción, nutrición, ornamentales.

## I. INTRODUCCIÓN

La floricultura mexicana se distingue como una de las industrias más exitosas desde hace más de cuatro décadas generando alrededor de 188 mil empleos permanentes y 50 mil eventuales con un millón de indirectos. Se ha mantenido en el cuarto lugar mundial en superficie cultivada y producción de tallos ya que año con año tiene un aumento a razón del 14% en producción de tallos (Torres, 2014).

Las flores cosechadas en mayor cantidad son nochebuenas con 12 mil 885 toneladas anuales, crisantemo con 12 mil 757 toneladas seguido de rosas con nueve mil 479 toneladas entre otras flores (Torres, 2014).

La rosa (*Rosa sp.*), una de las ornamentales más cultivada en todo el mundo, es considerada como la flor número uno por las grandes civilizaciones (Castilla, 2005).

En México, el cultivo de rosas se realiza principalmente a campo abierto, sin embargo, también es importante el área cultivada bajo cultivos protegidos.

Los sistemas más modernos combinan la producción en invernadero y el cultivo sin suelo, sin embargo, esta tecnología está más dirigida al cultivo de hortalizas en México y no a la producción de ornamentales. La incorporación de los cultivos ornamentales a estos sistemas de producción permite una producción de flores de corte de calidad similar a las hortalizas para el abastecimiento de los mercados de exportación (Barrera-Aguilar *et al.*, 2012), además de hacer más eficiente el uso de recursos como el agua y los fertilizantes en un sistema de cultivo sin suelo en un sistema hidropónico cerrado (Massa *et al.*, 2008).

La comercialización de flores ornamentales depende de la calidad, la cual se determina por el tamaño del tallo, la forma, color y calidad sanitaria; para lograr esto es necesario tener un buen manejo del cultivo (Cruz y Arévalo, 2006). Uno de los factores más importantes en la producción de cultivos es la nutrición mineral (Quesada-Roldán y Bertsh-Hernandez, 2013). En México se presentan diversas problemáticas ya que no se cuenta con una regulación en el uso de fertilizantes y agroquímicos, lo que provoca un alto deterioro de los suelos y mantos acuíferos (Gomora-Jimenez *et al.*, 2006) así como una baja calidad de la flor y de altos costos en la producción, esto también al no contar con un programa de fertilización basado en la demanda del cultivo durante su ciclo de crecimiento (Quesada-Roldán y Bertsh-Hernandez, 2013) acorde a las etapas fenológicas de la planta (Xotla y Ruiz, 2012) ya que no se proporcionan adecuadamente los nutrientes cuando los requiere la planta ni en la cantidad que demanda el cultivo.

El  $\text{NO}_3^-$  al estar estrechamente relacionado con el crecimiento vegetativo de la planta es un factor determinante para el incremento en la biomasa de las flores (Jan *et al.*, 2011), intensifica el color verde de las hojas, es un constituyente esencial de componentes celulares como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, así como regulador de ciertos minerales como lo es el K y otros nutrimentos (Sedano-Castro *et al.*, 2011). Pese a los grandes beneficios que este elemento nos aporta, su aplicación en exceso suele ser muy perjudicial para el medio ambiente pues la lixiviación genera una fuerte contaminación en aguas, suelo y un considerable aumento en el efecto invernadero (Thorburn *et al.*, 2003). El K tiene un papel importante en diversos procesos como la síntesis de proteínas y carbohidratos,

transporte, translocación de nutrientes y fotosíntesis (Pardo *et al.*, 2006). Activa más de 60 enzimas, mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad, así como también reduce la incidencia de enfermedades (FAO, 2002). El K es un elemento de alta movilidad dentro de la planta, pero puede cambiar dependiendo de la forma en que se suministre el  $\text{NO}_3^-$  resultando con una mayor translocación a las hojas. La aplicación balanceada entre  $\text{NO}_3^-$  y K es necesaria para un mejor manejo de la nutrición de cultivos, por lo que un mejor entendimiento del mecanismo de la interacción entre estos podría ser de utilidad para proponer un mejor manejo en la nutrición generando altos rendimientos y un uso eficiente de los fertilizantes (Zhang *et al.*, 2010). Por lo antes mencionado, es necesario conocer los nutrimentos más demandados por la planta y realizar un uso adecuado de los fertilizantes como es el caso del nitrógeno ( $\text{NO}_3^-$ ) y el potasio (K). Muchos países en desarrollo han descuidado la aplicación de  $\text{NO}_3^-$  y K y como consecuencia existe agotamiento de K en los suelos en ecosistemas agrícolas.

## **Justificación**

El presente trabajo de investigación, tiene como finalidad definir un balance adecuado entre  $\text{NO}_3^-$  y K que permita obtener flores cortadas de rosa de buena calidad en cuanto a tamaño del tallo y botón floral cultivando las plantas en un sistema hidropónico de recirculación en un sistema de cultivo sin suelo.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Definir el balance óptimo de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  en la solución nutritiva en la zona de corte de plantas de rosa formadas a dos basales en un sistema hidropónico de recirculación en cultivo sin suelo.

### **Objetivos específicos**

Evaluar el efecto que tiene la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  en la zona de corte a diferentes concentraciones sobre el peso seco y tamaño de tallo y botón floral, en un sistema hidropónico de recirculación en cultivo sin suelo.

## **Hipótesis**

El balance adecuado en la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  nos permite tener un efecto favorable en cuanto peso seco, tamaño de tallo y botón floral en plantas de rosal obteniendo tallos de mayor calidad en un sistema hidropónico de recirculación en cultivo sin suelo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen, historia y domesticación

El cultivo de rosa es originario de china, desde hace más de 4 mil años, en su proceso de expansión, la rosa llegó a India, Persia, Grecia, Italia y España, países que la conocieron a todo lo largo de su historia. A principios del siglo XIX, la emperatriz Josefina de Francia mandó a recolectar por toda Europa las variedades de rosas conocidas en aquel entonces y formó los famosos jardines de rosas del palacio de Malmaison. Fue a partir de ese momento que el cultivo de la rosa recibió el estímulo que habría de convertirla en la flor más popular del mundo (Aldana, 1999), quien también sostiene que, en 1815, Francia se puso a la vanguardia de este cultivo. Diez años después ya se conocían más de 5 mil variedades posteriormente las rosas fueron traídas a América por hispanos y sajones, hoy en día se cultiva comercialmente en varios países de este continente, especialmente en Estados Unidos, México, Colombia, Ecuador, Costa Rica y Guatemala.

Según Ruiz (2012), alrededor de 200 especies de rosas son nativas del hemisferio norte, aunque existe gran variedad de distintos injertos y/o poblaciones híbridas en estado silvestre. Las primeras rosas cultivadas eran de floración estival, hasta que tiempo más tarde trabajos de selección realizados en oriente dieron lugar a algunas especies, fundamentalmente *Rosa gigantea* y *R. chinensis* mejor conocidas como las “rosa de té” de carácter refloreciente. Estas especies de rosas son introducidas en occidente en el año 1973 las cuales sirvieron de base a numerosos híbridos (Bañón *et al.*, 1993).

Sin embargo, el gran avance en la producción comercial de rosas tiene lugar en Estados Unidos, por los años treinta, gracias a que se tecnificaron las áreas de cultivo y se promulgo una ley en el año de 1932 la cual protegía los derechos de los obtentores de rosas (Bañon *et al.*, 1993).

### **El cultivo del rosal en México**

En México el cultivo de rosas se realiza principalmente en invernadero en suelo, sin embargo, se ha comenzado a abarcar la producción bajo cultivos protegidos en cultivos sin suelo (SAGARPA 2018).

A la producción de rosa en invernadero se le ha destinado una superficie de mil 504 hectáreas, registrándose con una producción promedio de 7.3 millones de gruesas en los últimos tres años. Ocupando el primer lugar en producción de esta flor ornamental; el Estado de México con una producción de 6.16 millones de gruesas (80.8% de la producción nacional) seguido de Puebla; 785.4 mil gruesas, Morelos; 647.7 mil gruesas, Querétaro 465.7 mil gruesas. Estas cuatro entidades producen el 99.5% de la producción nacional (SAGARPA 2018).

Dentro del ciclo de perennes 2018 destaca el cultivo de rosa en gruesa presentando un aumento del 331.7 % en su producción comparado con febrero 2017 (SIAP 2018a).

Según datos del SIAP en el 2015 se cosecharon seis millones 814 mil gruesas mientras que en 2016 se cosecharon ocho millones 547 mil gruesas. Mientras tanto en 2017 se cosecharon ocho millones 774 mil gruesas de esta flor

(SIAP 2018b). Con una intención de cosecha en 2018 de nueve millones 115 mil 883 gruesas según las fuentes más cercanas (SIAP 2018c).

En México se estima un valor de consumo de más de 1000 millones de dólares anuales.

### **Variedad Freedom**

La variedad Freedom fue obtenida por la empresa familiar Rosen Tantau de Alemania esta variedad presenta una flor grande de color rojo, fue seleccionada para el cultivo en ambientes frescos con alta intensidad de luz, especialmente en sur y Centroamérica, las flores mantienen una larga vida en florero. La planta es resistente a enfermedades en especial a mildiu veloso, la planta es robusta y puede alcanzar una productividad de 1,2 tallos por planta por mes (Rosen Tantau, 2005)

### **Porta injerto Natal Brier**

Es un muy utilizado en Holanda por ser un patrón muy vigoroso en comparación con canina y Manetti, tiene buena producción e invierno otorga la característica de basalear muy poco, aunque tiene la desventaja de no ser compatible con todas las variedades por ejemplo Escada sobre natal Brier es más susceptible al ennegrecimiento de los pétalos, también existen informes de que después de dos o tres años el patrón baja considerablemente su vigor (Patrones de Rosas, 2013).

### **Producción de planta injertada**

Una nueva variedad según López (1991), puede ser verdaderamente buena en cuanto a la calidad de sus flores, u otro carácter, pero su sistema radicular suele no

ser tan bueno como el de determinadas especies naturales y no hay razón para no aprovechar estas especiales características.

La mayoría de los rosales que se cultivan con fines comerciales se producen por injertos, lo cual implica la inserción de una yema u "ojo" de la variedad seleccionada en forma de T en el tallo del portainjertos. Este injerto se realiza cerca del suelo cuando se trata de un arbusto y más arriba si es una variedad estándar. Es idóneo para todas las variedades modernas y la nueva planta crece rápidamente, ya que dispone de un sistema radical desarrollado. Pero este tipo de multiplicación tiene algunas desventajas para el jardinero común, porque exige la obtención del portainjertos y la adquisición de nuevos conocimientos prácticos. Algunos autores (Burgarin y Lozoya, 1992) plantean que los cultivares comerciales de rosa para invernadero se han propagado tradicionalmente mediante injerto. No todos los cultivares crecen tan vigorosamente como lo hacen si se injertan sus yemas en otros patrones. Las estacas deben ser seleccionadas de tallos florales a los que se ha permitido el desarrollo completo de la flor. Las estacas de tres yemas son las preferidas, ya que son más largas y tienen tejido nodal en la base (Larson, 1987).

### **Podas**

Esta es la actividad más compleja del cultivo y aquella en la que se requiere mayor conocimiento de la fisiología del rosal (Recuerda, 1991). Consiste en el corte y la eliminación dirigida del material vegetal para renovar la parte aérea, regular la altura de las plantas, aprovechar las reservas acumuladas, prolongar la vida de las plantas, obtener flores de mejor calidad y programar la producción para fechas o fiestas específicas (SENA, 2000).

Poda de formación: esta poda se le realiza a las plantas jóvenes que están en proceso de formación, con el fin de darles una estructura adecuada (SENA, 2000) y es indispensable para ciertas especies (Cabrera, 1995).

Poda de producción (SENA, 2000). Es la poda que se realiza en las plantas con el fin de obtener la mayor cantidad de flores en una fecha determinada.

Estipular consiste en cortar la vara en el punto de brotación realizándose antes de una fecha importante porque después de realizado, van a brotar de 2-3 o 4 botones (FNPAES, 1993).

### **Cosecha**

El corte de tallos debe realizarse durante las primeras horas del día eliminando flores imperfectas. El corte de rosas se lleva a cabo en distintos estadios, esto depende de la época de recolección, se debe dejar después del corte, en el tallo de 2-3 yemas que correspondan a hojas completas. La producción de rosas a cielo abierto es de 25 plantas por corte y solo se realizan dos cortes al año, mientras que en invernadero son 4 cortes al año (Martínez, 2009).

Es de suma importancia cortar la flor en el punto idóneo de perfecta formación para evitar la caída del botón (por desnutrición), y asegurar la posterior apertura del mismo. No todas las variedades se cortan en el mismo punto de apertura por lo tanto se debe oscilar al mismo en función de la variedad, exigencia del mercado, condiciones climáticas, etc (Gutiérrez, *et al.*, 2010).

Así en condiciones de alta luminosidad durante el verano, la mayor parte de las variedades se cortan cuando los sépalos del cáliz son reflejos y los pétalos aún no

se han desplegado. Sin embargo, el corte de las flores durante el invierno se realiza cuando están más abiertas, aunque con los dos pétalos exteriores sin desplegarse. Al cortarse demasiado inmaduras, las cabezas pueden marchitarse y la flor no se endurece ya que los vasos conductores del pedicelo aún no están suficientemente lignificados (Linares, 2004)

Por otra parte, si cortamos demasiado pronto, pueden aparecer problemas de cuello doblado, como consecuencia de una insuficiente lignificación de los tejidos vasculares del pedúnculo floral (Infoagro, 2009).

### **Clasificación taxonómica**

La rosa (*Rosa sp.*) pertenece a la familia de las rosáceas es una planta exótica (Álvarez, 1980). Se encuentra clasificada científicamente de la siguiente manera (Bañon *et al.*, 1993):

Clase:	Angiospermas
Subclase:	Dicotiledóneas
Superorden:	Rosidas
Orden:	Rosales
Familia:	Rosáceas
Subfamilia:	Rosoideas
Tribu:	Roseas
Género:	Rosa

## **Características botánicas**

El rosal es una planta arbustiva, algunas trepadoras, normalmente espinosa alcanzan de 2-5 m de altura son de porte abierto con ramas leñosas, la rosa se cultiva desde hace muchos años tiene una gran facilidad para generar hibridaciones, los rosales cultivados hoy en día son totalmente diferentes al rosal silvestre (Bañon *et al.*, 1993).

El rosal al ser una planta leñosa caducifolia, vive un tiempo de sus propias reservas durante el invierno, esto nos da una idea de la capacidad de respuesta de la planta a sus condiciones de cultivo (Bañon *et al.*, 1993).

## **Raíz**

El rosal proveniente de una semilla posee raíz pivotante, vigorosa y profunda. En el caso de las plantas procedentes de estacas la raíz se vuelve más fibrosa por lo tanto es proporcionalmente más pequeño (aproximadamente entre 5-10 % del peso total), por lo que su capacidad productiva es menor y al cabo de uno a dos años la calidad de la flor baja significativamente. En las plantas injertadas, el sistema radical es bien desarrollado, lo que permite a estas plantas lograr una mayor producción y calidad de las flores (Vidalie, 1992).

## **Tallo**

Los tallos de los rosales generalmente son lignificados, presentan un crecimiento erecto o sarmentoso, color verde o con tintes rojizos o marrón cuando jóvenes, en color va variando de pardo a grisáceo conforme estos envejecen; también cuentan con espinas más o menos desarrolladas y variadas formas, sin embargo, también existen variedades que presentan muy pocas espinas (Weyler y Kusery, 2001).

## **Hojas**

En la hoja común de los rosales se observa una superficie lisa además de que está compuesta de cinco a siete folíolos; presenta un brillo característico sin embargo este varía dependiendo de la variedad. Existen algunas muy brillantes; pero por otro lado existen otras, las cuales son totalmente mate. Las hojas de muchas variedades oscilan entre dos extremos y, por ello, se distinguen tres grupos básicos: brillante, semibrillante y mate. No todas las hojas tienen cinco o siete folíolos y algunas tienen un follaje denso, muy atractivo, compuesto de numerosos folíolos pequeños. Además, la superficie de las hojas no siempre es lisa, existen hojas con nervaduras profundas rugosas, que les proporcionan un aspecto muy peculiar (Hessayón, 1994).

## **Flores**

Presentan colores muy diversos y característicos de acuerdo a la variedad. Son generalmente, terminales solitarias. Los sépalos aparecen en números de cinco y tienen lóbulos laterales. Los estilos están libres (Bañon *et al.*, 1993).

## **Frutos**

Los frutos están conformados por un receptáculo carnoso, en forma de perinola hueca que rodea muchos carpelos monospermos situados en su pared interna (Bañon *et al.*, 1993).

Una vez completado el ciclo las flores caen y las vainas del fruto quedan expuestas en algunos rosales arbustivos, su peculiar colorido constituye una nueva y hermosa decoración (Hessayón, 1994).

## **Semillas**

La semilla de la rosa cuenta con una cubierta dura por lo que le es difícil germinar después de la cosecha y requiere de un periodo de madurez el cual ayuda a que esté lista para su germinación.

Las semillas se retiran de los garrambullos y se colocan en un semillero que contenga algún sustrato húmedo y se guardan a 4°C por lo menos de 3 a 4 semanas hasta que por lo menos el 5% de las semillas presenten germinación (Larson, 1987).

La propagación por semillas se utiliza generalmente por los genetistas de rosa para el mejoramiento y desarrollo de nuevos cultivares. El injerto de yema es el método más importante utilizado para la producción de nuevas plantas para flor cortada de invernadero (Larson, 1987).

## **Requerimientos climáticos y edáficos**

### **Temperatura**

La temperatura optima de crecimiento en un invernadero es de aproximadamente 16°C durante la noche para la mayoría de los cultivares y de 24° a 28°C durante el día, las temperaturas mayores o menores pueden conservarse por periodos cortos sin tener efectos perjudiciales (Larson, 1987).

### **Humedad**

Los valores de humedad relativa varían entre 70-75% sin embargo durante el periodo de brotación de yemas y el crecimiento de los brotes es recomendable una humedad de 80 a 90% con el fin de estimular el crecimiento por otro lado una

humedad inferior al 60% puede ocasionar desordenes fisiológicos en algunos cultivares (Bañon *et al.*, 1993).

### **Iluminación**

El cultivo del rosal no ha mostrado un fotoperiodo determinado en este sentido, por lo tanto, puede producirse rosa todo el año. En zonas con menor nivel de iluminación el color de la flor es menos brillante y la posibilidad de desarrollo de enfermedades causadas por hongos es mayor (Bañon *et al.*, 1993).

### **Nutrición de la rosa**

La nutrición mineral es el estudio de como las plantas obtienen los nutrientes minerales y el empleo de estos minerales en el proceso metabólico, por el cual los nutrientes minerales desempeñan las funciones de: ser incorporados a los metabolitos de las plantas en forma iónica, actúan como reguladores osmóticos, ayudan a mantener la integridad de las membranas; e intervienen como agentes catalíticos y cofactores en transformaciones enzimáticas (Latorre, 2011).

En la planta del rosal existe un ritmo irregular en el funcionamiento ya que generalmente este depende de las reservas y absorción, como consecuencia de las podas y corte de flor (Ferrer y Salvador, 1986).

Durante la etapa de brotación de las yemas, la absorción es prácticamente nula. Sin embargo, una vez que el botón floral es visible y este logra su tamaño definitivo la absorción nutrimental del rosal se vuelve más acelerada para lograr el objetivo. Para lograr el crecimiento y una buena longitud de un tallo se utilizan las reservas que existen en la planta, sin tomar en cuenta de la absorción radicular. Cuando el tallo

y las hojas se desarrollan, hay una absorción importante que corresponden a la reconstrucción de las reservas del rosal. Cuando se corta la flor, la absorción se reduce nuevamente hasta la aparición de los tallos florales siguientes (Ferrer y Salvador, 1986).

### **Cultivo en suelo**

Uno de los factores más relevantes para la producción de rosas y de cualquier otro cultivo florícola es el suelo, puesto que debe contener una cantidad de nutrientes adecuada para un crecimiento y desarrollo favorable del cultivo, además debe contar con una buena ubicación que proporcione una buena iluminación y vías que nos permitan el acceso (Ecuador, 2000).

El suelo deber ser preparado, como primera fase se compacta para tener una superficie plana, posteriormente se regula el pH, se aplican fertilizantes y desinfectantes de amplio espectro (Ecuador, 2000).

### **Impacto ambiental del cultivo en suelo**

Las entidades productoras de rosas en México no cuentan con una regulación en cuanto al uso excesivo de agroquímicos, reflejándose esto en un fuerte impacto ambiental, pues el deterioro del suelo y el alto consumo de agua están muy marcados (Gomora-Jimenez *et al.*, 2006).

La utilización masiva de agroquímicos no solamente afecta el suelo destinado a la producción de flores sino también a los suelos aledaños a las plantaciones mismos que se contaminan a través de las filtraciones, las cuales llegan más tarde a los ríos, contaminando la vida acuática (Ecuador, 2000).

Es por eso que las tendencias actuales señalan la importancia de tomar en cuenta el impacto ambiental del uso de fertilizantes (Basheer y Agrawal, 2013; Sepat *et al.*, 2012) el aumento en los costos de producción y su disponibilidad futura (Basheer y Agrawal, 2013; Gad y Hassan, 2013; Mehdizadeh *et al.*, 2013).

Generalmente los floricultores no cuentan con un programa de nutrición adecuado a las necesidades del cultivo en cada una de sus etapas, ni tampoco le prestan la atención requerida, pues normalmente cuentan con un programa de nutrición preestablecido que es repetido en cada ciclo del cultivo utilizando fertilizantes como triple 18, se realizan las aplicaciones cada 15 días en manera drenchada y en algunas ocasiones en forma foliar en este caso si se regula el pH con algún producto comercial, sin embargo esas aplicaciones no son efectuadas acorde a la etapa fenológica en la que se encuentra el cultivo ( experiencia propia durante el semestre de prácticas profesionales). Estas acciones repercuten en el uso excesivo de fertilizantes, una baja calidad de la flor y el aumento en los costos de producción. (Gaytán-Acuña *et al.*, 2006).

El buscar alternativas que reduzcan los costos de producción y simultáneamente nos permita obtener altos rendimientos y excelente calidad en la producción, sin deteriorar los recursos naturales, hoy en día se ha vuelto algo de lo más indispensable ante la creciente escasez de los recursos hídricos y suelos cultivables, así como por el incremento en los costos de los insumos agrícolas (Bar-Yosef, 1999).

## **Cultivo sin suelo**

Los sistemas de cultivo sin suelo pueden clasificarse en cultivos hidropónicos (cultivo en agua más nutrientes o sobre materiales inertes) y cultivos en sustrato (cultivo sobre materiales químicamente activos) desde un punto de vista práctico según Abad *et al.*, (2005). El sistema de cultivo sin suelo puede ser abierto implicando la pérdida de la solución nutritiva (no recirculante) o un sistema cerrado donde la solución nutritiva es recuperada y utilizada nuevamente (recirculante), (Marfà, 2000).

El arraigo de técnicas de cultivo sin suelo con sistemas de recirculación nos permite un ahorro de fertilizantes y agua en comparación con la técnica de cultivo sin suelo sin recirculación (Marfà *et al.*, 2006). La FAO (2003) distingue el uso de los sistemas de recirculación como una buena práctica agrícola, puesto que la solución nutritiva recuperada es almacenada, tratada y reutilizada; disminuyendo significativamente la contaminación del suelo, así como de las fuentes de agua.

Es una opción que nos permite potencializar la producción de flores en espacios más pequeños, haciendo eficiente el uso de recursos como el agua y los fertilizantes en sistemas hidropónicos cerrados (Massa *et al.*, 2008) además de que los sistemas hidropónicos cerrados son los más utilizados en la producción de cultivos bajo invernaderos como las flores de corte por los grandes beneficios que estos nos aportan (Ehret *et al.*, 2005).

## **Soluciones nutritivas**

La solución nutritiva es la mezcla adecuada de agua y nutrimentos minerales esenciales que disueltos en las concentraciones y proporciones adecuadas nos

permiten lograr un crecimiento y desarrollo óptimo. La reposición de nutrimentos en la solución nutritiva es indispensable y esto debe realizarse a través de las sales o fertilizantes ya que al tener un control adecuado de la solución se evita fácilmente la aparición de algún desorden fisiológico (Pacheco, 2010).

Para lograr tener una solución ideal es necesario controlar todas las variables ambientales, lo cual resulta difícil de obtenerse en su totalidad, por lo tanto no existe una solución ideal, sin embargo existen soluciones generales o universales las cuales son utilizadas en la mayoría de los cultivos, aun no existe una solución óptima para cada cultivo ya que resulta un tanto tedioso puesto que no todos tienen las mismas exigencias nutrimentales sobre todo en los macronutrientes (Pacheco, 2010).

Mediante la formulación de una solución nutritiva específica que contenga una concentración y combinación sumamente precisa de nutrimentos, se logra una nutrición balanceada y está demostrado que esto repercute al optimizar el crecimiento y desarrollo de cualquier cultivo (Pacheco, 2010).

### **Interacciones nutrimentales**

Como consecuencia de cambiar la concentración de nutrientes en una solución nutritiva, se da una respuesta de crecimiento por parte de las plantas y es este término, mediante el cual son medidas generalmente las interacciones nutrimentales (Fageria, 2001).

Las interacciones de nutrientes pueden clasificarse en dos categorías principales. Las primeras son las interacciones que ocurren entre iones, ya que estos son

capaces de formar enlaces químicos, esto es debido a la formación de precipitados o complejos. La segunda forma de interacción es entre iones diferentes en los cuales sus propiedades químicas son suficientemente similares que estos compiten por los sitios de adsorción, absorción, transporte y función en las superficies de las raíces o dentro de los tejidos de la planta, dichas interacciones son más comunes entre nutrientes de tamaño similar, carga, geometría de coordinación, y configuración electrónica (Fageria, 2001).

En nutrición mineral, se denomina sinergistas (positivas) a las interacciones de nutrientes, que muestran una respuesta favorable en el crecimiento cuando los nutrientes son combinados y es mayor la suma que los efectos individuales, cuando el efecto combinado es menor la interacción es antagonista (negativa), o cuando hay ausencia de interacción es neutral (Fageria, 2001).

El  $\text{NO}_3^-$  es el elemento más demandado por el cultivo del rosal siendo este un elemento muy importante en la composición de aminoácidos, ácidos nucleicos y proteínas (sedano-Castro *et al.*, 2011) por lo cual es indispensable para el incremento de la biomasa en las plantas (Jan *et al.*, 2011) favoreciendo de esta manera el desarrollo adecuado de la planta propiciando una coloración verde del follaje, fungiendo también como regulador de ciertos minerales como el K entre otros (sedano-Castro *et al.*, 2011). El N se le debe proporcionar constantemente al cultivo en forma de nitratos ( $\text{NO}_3$ ), que brindan una mejor calidad a la flor, especialmente cuando hay suficientes carbohidratos. La presencia de elementos como molibdeno, hierro y cobre favorecen la absorción de los  $\text{NO}_3$  por las raíces y ayudan a que sea transformado finalmente en proteínas (Espinosa, 2013).

Mientras tanto, procesos como la síntesis de proteínas y carbohidratos, transporte, translocación de nutrientes y fotosíntesis están relacionados de manera importante con el K (Pardo *et al.*, 2006). Este elemento activa más de 60 enzimas, mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad, así como también reduce la incidencia de enfermedades (FAO, 2002). El K es un elemento que presenta una alta movilidad una vez que se encuentra dentro de la planta, pero puede cambiar dependiendo de la forma en que sea suministrado el  $\text{NO}_3^-$  resultando con una mayor translocación a las hojas. Generalmente el K, es absorbido por la planta con más prioridad en comparación con otros elementos como lo es el  $\text{NO}_3^-$  y P, por lo tanto, su asimilación se incrementa más rápido que la producción de materia seca. Esto significa que el K se acumula temprano en el período de crecimiento y luego es traslocado a otras partes de la planta, en el caso de la rosa, la toma temprana de K provoca el alargamiento de tallos y de flores, encontrándose por este motivo altas concentraciones de este elemento en estos órganos de la planta (1,83% a 2,33% en tallo y 2,17% a 3,06% K en flores), cuando el tallo empieza a mostrar el “botón arroz”, inicia el mayor consumo de K, ya que es el que interviene en la maduración de tejidos y la calidad de la flor (Padilla, 2007).

### **La interacción $\text{NO}_3^-/\text{K}$**

A través de algunos experimentos, se ha encontrado que una relación 1:1.5  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  ha resultado en una alta calidad de plantas con excelente longevidad poscosecha de flores de corte (Harbaugh, 2007) cuando se aplica N, se debe aplicar en forma de  $\text{NO}_3^-$ , y el K debe ser igual al  $\text{NO}_3^-$  aplicado (ejemplo: 15-0-15) (Armitage y Laushman, 2003). Se ha mostrado que adecuados niveles de K son esenciales para

el uso eficiente de  $\text{NO}_3^-$  en las plantas. El K puede estar involucrado con la absorción de  $\text{NO}_3^-$  a través de dos procesos. El primero, al co-transportar en el xilema con el  $\text{NO}_3^-$  actuando como un ion acompañante de las raíces a las partes aéreas y luego ser regresadas vía floema con la molécula de malato. El segundo, porque el  $\text{NO}_3^-$  es absorbido por las raíces de la planta vía proceso activo, la absorción podría ser afectada a través de la influencia del K en la translocación de asimilados fotosintéticos, necesarios para apoyar este proceso de absorción activo (Fageria, 2001). El K es el catión dominante para contra peso de aniones inmóviles en el citoplasma, cloroplastos y también para aniones móviles en las vacuolas, el xilema y floema. El transporte de K sin aniones acompañantes en el citoplasma se debe a la acumulación de ácidos orgánicos en los tejidos de la planta (White, 2012).

La absorción de nutrientes y el crecimiento vegetal pueden ser afectados por una interacción de dos o más nutrientes (Adams, 2004). Las interacciones de  $\text{NO}_3^-$  y K son frecuentes en procesos metabólicos, en el proceso de reducción de  $\text{NO}_3^-$  el K controla la cantidad de ácidos orgánicos que influyen en este proceso (Sánchez, 2004). La absorción de cationes y aniones ocurre a través de diferentes proteínas de transporte, por lo tanto, interacciones directas de la absorción entre cationes y aniones es irregular. La estimulación de la absorción de cationes, es observada frecuentemente, y es generalmente una consecuencia de la necesidad para mantener un balance de cargas (White, 2012). Al efectuar la absorción de K, la raíz puede mantener el equilibrio mediante uno de los siguientes procedimientos: intercambiar por otro catión como,  $\text{H}^+$ , por K o absorber un anión, como  $\text{NO}_3^-$  o  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , junto con el K. Los iones K no pueden desplazarse a la raíz a menos que sea sustituido por otro catión en los puntos de intercambio. Las raíces que se

aproximan lo suficiente a esos iones K, pueden intercambiarlos por H<sup>+</sup> en un proceso llamado absorción por contacto (Thompson y Troeh, 1988). Sin embargo, el sinergismo en la absorción de iones puede también ser el resultado de un incremento general en la actividad metabólica de la raíz cuando los nutrientes son suministrados después del periodo de privación (White, 2012).

Para evitar respuestas inesperadas o no deseadas como la disminución en el rendimiento y la calidad de un cultivo, debemos comprender los efectos que tienen las interacciones de nutrientes. En algunas ocasiones resulta fácil pues las interacciones nutrimentales tienen efectos muy marcados en el cultivo, pero en algunas otras no tanto. Por lo tanto, es esencial poseer algún conocimiento de estas respuestas, si se quiere controlar realmente la producción del cultivo (Adams, 2004).

### **Relaciones NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/K**

El suministro de elementos minerales en proporciones balanceadas y sobretodo fraccionados incrementa la eficiencia de estos en las plantas cultivadas que alimentan (Lazcano- Ferrat, 1996).

Está claro que no solamente la concentración absoluta de un nutriente determina la absorción por un cultivo, porque las relaciones mutuas entre nutrientes son mayormente importantes que las concentraciones absolutas (Sooneveld y Voogt, 2009).

La tasa de aplicación de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> genera una influencia en la absorción de K y la interacción de estos factores se ha encontrado significativa en diversos estudios como trigo (Zou *et al.*, 2006) y repollo (Guo *et al.*, 2004).

En palmas y otras plantas ornamentales, el efecto de tres niveles de relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}$ : se obtuvo que las altas relaciones  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  (2:1 o mayor) tienen un efecto negativo en el aspecto de la calidad visual y nutricional de estas plantas, y que una relación baja  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  (2:3) fue más efectiva en producir plantas saludables (Broschat, 2008).

En otro experimento, cuatro relaciones molares de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  que fueron (3:0.5, 3:1, 3:1.5 y 3:3), los resultados obtenidos en relación al rendimiento total se consiguió con el tratamiento 3:1.5, el peso por fruto con 3:1.5, los sólidos solubles con el 3:3, con respecto a la calidad individual del fruto se encontró que la firmeza fue mejor con el tratamiento 3:0.5, la acidez titulable se obtuvo con 3:1.5, a mayor concentración de K se incrementa el rendimiento total y el peso por fruto, a una relación baja de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  se obtiene una mejor calidad de fresa el cual confirma la importancia del K en la nutrición con relación a la calidad de los frutos de fresa (Maldonado, 2012).

Otro estudio determinó que pastos de césped toman el  $\text{NO}_3^-$  y el K aproximadamente en la relación 3:2 (Handreck y Black, 2002).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Ubicación y localización**

El presente trabajo se realizó en uno de los invernaderos del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, con coordenadas geográficas de 25°21'24" latitud norte y 101°2'5" longitud oeste, a una altura de 1761 msnm.

#### **Material Experimental**

El material vegetativo utilizado en el presente experimento fue plantas de rosal (*Rosa* sp.) de la variedad Freedom injertada sobre el porta injerto Natal Brier.

Se trabajó sobre plantas formadas ya establecidas de dos basales. Para formar la zona de corte, se realizó una poda en la zona de hojas activas en la yema de la segunda hoja pentafoliada el 1 de agosto del 2017, a partir de la cual se trabajó realizando actividades de desyemado. Las plantas estaban establecidas en contenedores de plástico rígido de 30 x 48 x 20 cm en perlita como sustrato, la cual tenía un 33% de capacidad de retención de agua (v/v), 64% de espacio poroso y una densidad aparente de 0.25 g cm<sup>-3</sup>. Los contenedores estaban colocados en una estructura elevada para establecer un sistema hidropónico cerrado con recirculación de la solución nutritiva. Se utilizaron dos cajas por tratamiento las cuales tenían cuatro plantas cada una plantadas a tresbolillo (Alvarado-Camarillo *et al.*, 2017).

#### **Manejo del sistema hidropónico cerrado en un cultivo sin suelo.**

Las soluciones utilizadas para el experimento fueron en base con la formulación de Steiner la cuál fue nuestra solución control (Cuadro 1), misma que fue preparada

con agua potable considerando sus propiedades químicas para el aporte de nutrimentos. Dos variables importantes se ajustaron durante el experimento: uno de ellos; el pH de las soluciones que era calibrado a 5.5 y  $\pm 0.1$  con  $H_2SO_4$  (ácido sulfúrico) y la conductividad eléctrica (CE) la cual se mantenía por debajo de 2.0 hasta 1.5 dS  $m^{-1}$ , los cuáles se ajustaban diariamente para mantenerlos uniformes en todos los tratamientos establecidos. La solución nutritiva se aplicó mediante un sistema de riego automatizado a través de goteros de 4 L  $h^{-1}$  y 4 piquetas en cada contenedor. Los riegos se aplicaron 15 min en intervalos de 30 min entre las 7:00 y 19:00 h. En el experimento se evaluaron 14 relaciones de  $NO_3^-/K$  en base a la solución de Steiner (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Relación  $NO_3^-/K$  en la solución nutritiva de los tratamientos evaluados en el experimento.

Tratamiento	$NO_3^-$ (meq $L^{-1}$ )	$K^+$ (meq $L^{-1}$ )
1	11.5	5
2	8	11
3	11.5	8
4	11.5	8
5	15	11
6	15	5
7	8	7.9
8	13	6.5
9	11.5	11
10 = Steiner	12	7
11	15	8
12	9.5	6.5
13	13.5	9.5
14	9	9.8

## **Manejo del experimento**

Una vez establecido el experimento, en la segunda hoja pentafoliada de la zona de hojas activas, se le realizó un pinzado lo que dio lugar a la zona de corte posteriormente se hizo una aplicación de captan en la herida para evitar enfermedades. Mientras se formaban estas zonas de la planta, se realizaron diversas prácticas culturales como: el desbrotado que consistió en la poda de todos los brotes que emergían de hojas con tres o siete foliolo en la zona de corte, también se realizó la práctica toque de hoja para estimular la brotación de las yemas. Por otro lado, se realizaron diversas aplicaciones para prevenir y controlar las plagas y enfermedades que se presentaron. En cuanto al manejo de la solución en un sistema de cultivo sin suelo en un sistema cerrado, se calibraban pH y CE respectivamente de forma diaria para mantener uniformidad en las soluciones o tratamientos.

## **Muestreos**

De cada tratamiento se seleccionaron 5 repeticiones de la zona de corte a evaluar. Se cosecho en corte subiendo sobre las dos primeras yemas inferiores del mismo tallo, seleccionando las flores más uniformes de cada tratamiento. Se realizaron dos cortes: el 15 de septiembre y 20 de noviembre del 2017 respectivamente. Una vez cosechadas las muestras se tomaron datos de la longitud, diámetro de flor y tallo respectivamente, utilizando un vernier digital. La longitud del tallo se determinó a partir de la base del cáliz hasta el punto en que se cortó. El diámetro de la flor se tomó de la parte más ancha del botón mientras que la del tallo se tomaron medidas

en la parte superior media e inferior de éste. El muestreo fue destructivo, se separaron cada uno de los órganos en: hojas, tallo y botón, para posteriormente ser lavados con agua destilada con la finalidad de remover residuos de productos químicos y polvo. Los órganos frescos se pesaron y fueron llevados a una estufa de secado a 65° C por 72 h, al término de este proceso, se pesaron las muestras secas utilizando una balanza digital y se registraron los datos.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Biomasa de la planta

#### Peso seco.

En cuanto al peso seco total, así como de hoja y flor, no se observó una diferencia significativa (Cuadro 2), mientras que para el peso seco del tallo si se detectaron efectos significativos; las plantas nutridas con el tratamiento 3 mostraron un mayor peso seco de tallo que las que recibieron el tratamiento 14, aunque esta diferencia no fue significativa en comparación con el tratamiento control. Los restantes tratamientos fueron similares en esta variable. Estos resultados sugieren que con un balance  $11.5/8 \text{ meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  se obtiene la mayor biomasa seca en tallos, lo que a su vez podría repercutir en el comportamiento de las flores cortadas durante su vida en postcosecha. El hecho de que sea similar el peso seco de los tallos con el tratamiento control ( $12/7 \text{ meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$ ) implica el mejor tratamiento debe seleccionarse en términos de ahorro de fertilizantes para optimizar el uso de éstos insumos. De igual manera el tratamiento 3 rebasó en cuanto al peso seco del tallo al obtenido con los tratamientos 6 ( $15/5 \text{ meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$ ), 7 ( $8/7.9 \text{ meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$ ), 11 ( $15/8 \text{ meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$ ), y 13 ( $13.5/9.5 \text{ meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$ ) (Cuadro 2); basándose en las concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  y K de estas soluciones nutritivas el  $\text{NO}_3^-$  en concentraciones mayores de  $13 \text{ meqL}^{-1}$  o menores de  $8 \text{ meqL}^{-1}$  son negativas para el peso seco de tallo.

**Cuadro 2.** Efecto de la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  obtenida mediante diferentes concentraciones de los nutrientes en el peso seco total de hojas y flor en flor cortada de plantas de rosa (*Rosa* sp).

Tratamiento	$\text{NO}_3^-$ meqL <sup>-1</sup>	K meqL <sup>-1</sup>	Peso seco G			Peso seco total G
			Hojas	Tallo*	Flor	
1	11.5	5	4.16	4.06bc	2.89	11.11
2	8	11	4.35	4.62ab	2.92	11.89
3	11.5	8	4.84	5.13a	3.20	13.16
5	15	11	4.27	3.84bc	3.00	11.11
6	15	5	4.18	3.90bc	2.87	10.95
7	8	7.9	4.42	3.71bc	2.76	10.89
8	13	6.5	4.25	4.36ab	2.83	11.45
9	11.5	11	4.38	4.24abc	2.81	11.43
10= <b>Steiner</b>	12	7	4.62	4.64ab	3.12	12.38
11	15	8	4.42	4.02bc	3.01	11.46
12	9.5	6.5	4.22	4.37ab	3.21	11.80
13	13.5	9.5	4.33	3.84bc	3.20	11.37
14	9	9.8	3.60	3.18c	2.88	9.66
	Anova		P<0.49 3	P<0.02 2	P<0.6 32	P<0.125

\* = Promedios seguidos de la misma letra son no diferentes significativamente de acuerdo a la prueba de Duncan con  $p<0$ .

## 4.2 Longitud de tallo floral

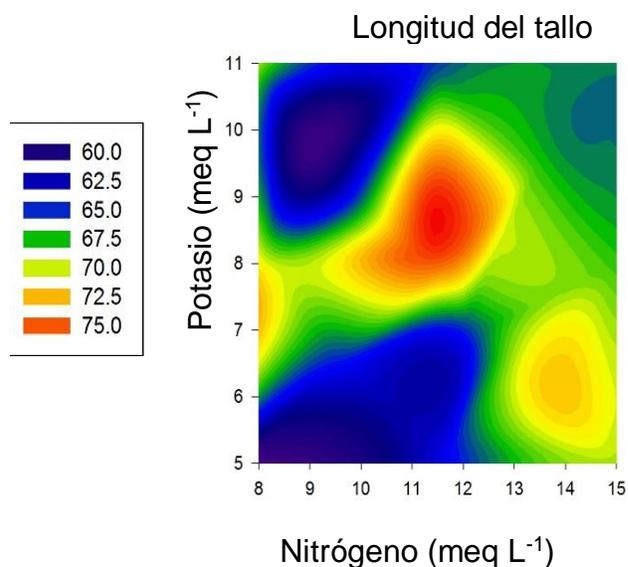
El efecto de la relación de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  la longitud del tallo floral fue similar al del peso seco del mismo ya que con el tratamiento 3 ( $11.5/8 \text{ meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$ ) se obtuvo los tallos más largos, aunque en este caso el efecto si fue significativo en comparación con el tratamiento control ( $12/7 \text{ meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$ ) (Cuadro 3), mientras que el tratamiento 14 tuvo una longitud de 58.08 cm. Estos resultados indican que para obtener tallos de mayor calidad comercial mayores de 70 cm se requiere de una concentración de  $\text{NO}_3^-$  similar a la de la propuesta por Steiner, sin embargo, el K debe ser aumentado (Cuadro 3).

En la Figura 1 se puede apreciar el área experimental en donde se distribuyeron los tratamientos. El área en color rojo se muestra como la zona en donde se distribuyen los tallos con una mayor longitud llegando hasta 75 cm, misma en la cual se tiene una concentración de entre 11 y 12  $\text{meqL}^{-1}$  y 8 a 9  $\text{meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y K, respectivamente. Los demás tratamientos están distribuidos en el área circundante con una longitud de tallo menor.

**Cuadro 3.** Efecto de la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  obtenida mediante diferentes concentraciones de los nutrientes en la longitud de tallo floral en flor cortada de plantas de rosa (*Rosa* sp).

Tratamiento	$\text{NO}_3^-$ meqL <sup>-1</sup>	K meqL <sup>-1</sup>	Longitud de tallo floral Cm
1	11.5	5	63.22cd
2	8	11	69.01abc
3	11.5	8	74.51 <sup>a</sup>
5	15	11	66.07bc
6	15	5	69.22abc
7	8	7.9	71.10ab
8	13	6.5	69.49abc
9	11.5	11	65.00bc
10= <b>Steiner</b>	12	7	64.60bcd
11	15	8	67.71abc
12	9.5	6.5	64.30bcd
13	13.5	9.5	67.45bc
14	9	9.8	58.08d
	Anova		P<0.001

\* = Promedios seguidos de la misma letra son no diferentes significativamente de acuerdo a la prueba de Duncan con  $p<0.05$



**Figura 1.** Longitud del tallo floral (cm) de rosa (*Rosa* sp.) a diferentes concentraciones y balances de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$ .

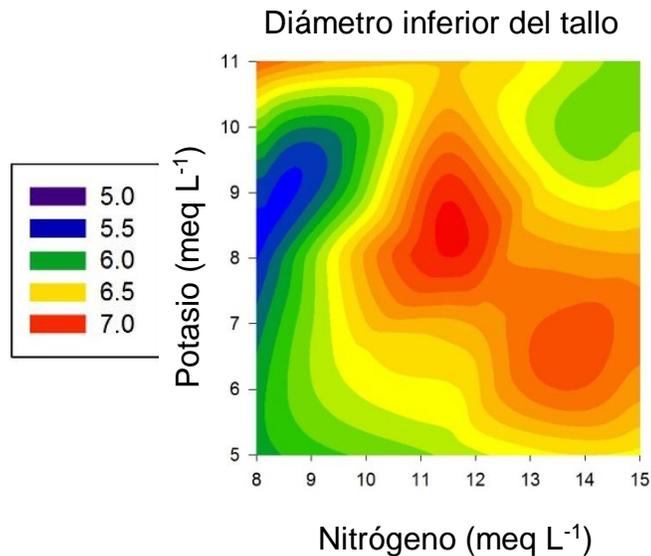
#### 4.3 Diámetro del tallo floral

El diámetro del tallo floral en la parte media y superior no se vieron afectados estadísticamente por los balances de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  (Cuadro 4), sin embargo, en diámetro basal del tallo, el tratamiento 7 (8/7.9 meqL<sup>-1</sup> de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$ ) y 14 (9/9.8 meqL<sup>-1</sup> de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$ ) mostraron una reducción significativa en comparación con el tratamiento control. En la Figura 2 se encuentra la respuesta de las plantas en cuanto al diámetro inferior, en donde se puede observar que el área de color rojo corresponde a los tallos de mayor calibre, mismos que se encuentran ubicados entre concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  de 10.5 a 12.5 meqL<sup>-1</sup> y de K de 7 a 10 meqL<sup>-1</sup>. Las plantas que recibieron el tratamiento 3 (11.5/8 meqL<sup>-1</sup> de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$ ), similar al peso seco de tallo y longitud del tallo floral, mostraron la mejor respuesta pues tuvieron el mayor diámetro de tallo (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Efecto de la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  obtenida mediante diferentes concentraciones de los nutrientes en el diámetro del tallo floral en flor cortada de plantas de rosa (*Rosa* sp).

Tratamiento	$\text{NO}_3^-$ meqL <sup>-1</sup>	K meqL <sup>-1</sup>	Diámetro de tallo floral Mm		
			Superior	Media	Inferior
1	11.5	5	7.32	5.58	6.22abc*
2	8	11	6.60	5.62	6.82a
3	11.5	8	7.10	6.02	7.00a
5	15	11	6.27	5.50	6.14abc
6	15	5	7.10	5.47	6.36abc
7	8	7.9	6.94	5.18	5.70c
8	13	6.5	7.01	5.87	6.80a
9	11.5	11	6.81	5.52	6.51ab
10=Steiner	12	7	6.83	5.91	6.61a
11	15	8	6.97	5.78	6.62a
12	9.5	6.5	7.03	5.80	6.32abc
13	13.5	9.5	6.91	5.58	6.25abc
14	9	9.8	6.71	5.39	5.81bc
	Anova		P<0.822	P<0.474	P<0.041

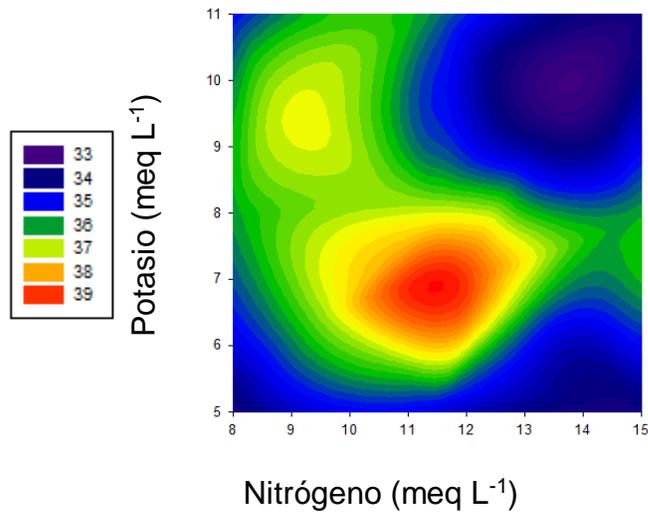
\* = Promedios seguidos de la misma letra son no diferentes significativamente de acuerdo a la prueba de Duncan con  $p<0.05$



**Figura 2.** Diámetro inferior del tallo floral (mm) de rosa (*Rosa* sp.) a diferentes concentraciones y balances de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$ .

#### 4.4 Diámetro del botón floral

En cuanto al tamaño del botón floral se puede observar en la Figura 3 en el contorno de color rojo, que a una concentración entre 10 y 13  $\text{meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y 5.5 y 7.5  $\text{meqL}^{-1}$  de K en la solución nutritiva es favorable para esta variable respuesta, generando un botón floral de más de 39 mm. El tratamiento control arrojó un tamaño de botón aceptable para el mercado nacional e internacional. Mientras que los demás tratamientos están por debajo de la solución control. Sin embargo, el tratamiento 3, con el cual se obtuvo también una mayor longitud de tallo (Cuadro 3) presenta un tamaño de botón de 37mm con 11.5 y 8  $\text{meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y K respectivamente.



**Figura 3.** Diámetro del botón floral (mm) de rosa (*Rosa sp.*) a diferentes concentraciones y balances de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$ .

#### 4.5 Rendimiento

De acuerdo al análisis de contorno, el máximo rendimiento de flores fue de 6.5 flores/planta<sup>-1</sup>, mismo que se presenta cuando el balance de  $\text{NO}_3^-$  es superior a 11 meq L<sup>-1</sup> mientras que el K se encuentra entre 5 y 10.5 meq L<sup>-1</sup> (Figura 4).

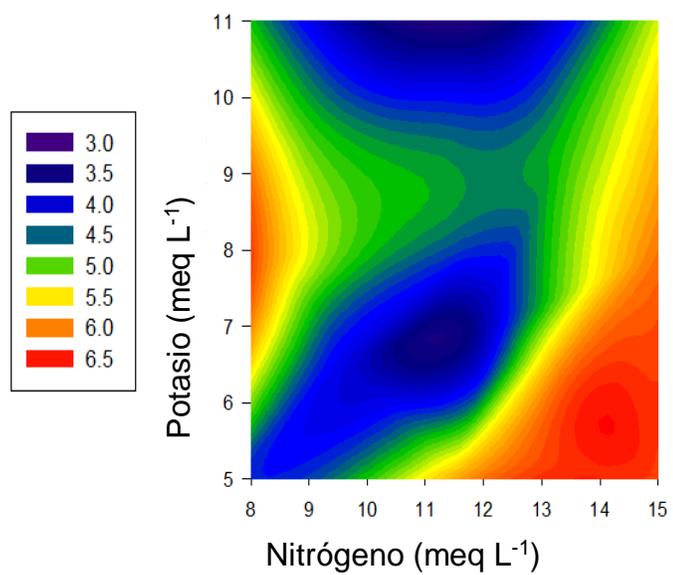
Los tratamientos 6 y 7, esto es, 15 y 8 meqL<sup>-1</sup> de  $\text{NO}_3^-$  y 5 y 7.9 meqL<sup>-1</sup> de K, fueron los que permitieron una mayor producción de flores por planta (Cuadro 5), mientras que el tratamiento 9 fue el que obtuvo el menor rendimiento, con 3.2 flores/planta<sup>-1</sup>.

Los rendimientos obtenidos por los tratamientos 6 y 7 fueron estadísticamente significativos con respecto al tratamiento 9 (Cuadro 5). Mientras que el tratamiento control fue estadísticamente similar al tratamiento 9 que fue el que menor rendimiento arrojó durante el experimento (Cuadro 5). Los tratamientos con mayores rendimientos, como el tratamiento 6 tiene 3 veces más concentración de

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> que de K mientras que el tratamiento 7 tiene una concentración tanto de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y K similar lo que arrojó al mismo tiempo una longitud de tallo de 69 a 71 cm respectivamente (Cuadro 3). Con una longitud de botón de 33 a 34 mm cada uno de ellos (Figura 3).

**Cuadro 5.** Efecto de la relación NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/K obtenidas mediante diferentes concentraciones de nutrientes en el rendimiento en flor cortada de plantas de rosa (*Rosa* sp).

Tratamiento	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meqL <sup>-1</sup>	K meqL <sup>-1</sup>	Rendimiento tallos planta <sup>-1</sup>
1	11.5	5	5.75ab
2	8	11	4.75abc
3	11.5	8	4.33abc
5	15	11	5.25abc
6	15	5	6.25a
7	8	7.9	6.25a
8	13	6.5	5.50abc
9	11.5	11	3.25c
10=Steiner	12	7	3.75bc
11	15	8	6.00ab
12	9.5	6.5	4.06abc
13	13.5	9.5	4.81abc
14	9	9.8	4.75abc
	Anova		P<0.050



**Figura 4.** Rendimiento de flor de corte (flores/planta<sup>-1</sup>) en rosa (*Rosa* sp.) a diferentes concentraciones y balances de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/K.

## V. DISCUSIÓN

Como ya se ha demostrado en otros estudios (Cabrera *et al.*, 1995; Alvarado-Camarillo *et al.*, 2017), uno de los nutrimentos altamente demandados por el cultivo de rosal es el  $\text{NO}_3^-$ , debido a su importancia en la conformación de moléculas y proteínas, las que favorecen el adecuado desarrollo vegetativo de la planta, así como la absorción de otros nutrimentos (Sedano-Castro *et al.*, 2011). Diversos autores han mencionado que la calidad de las plantas de rosal puede verse afectada por la aplicación de  $\text{NO}_3^-$  (Huché-Thélier *et al.*, 2011).

En investigaciones realizadas en otras especies de flores de corte, como lisianthus, se reporta que el mayor peso seco se acumula principalmente en tallos seguido de hojas, raíz y botón floral (Velázquez, 2008, García, 2010, y Mendoza, 2013), corroborando de ésta manera lo ocurrido en el presente estudio, en donde la acumulación de peso seco total fue en el tallo mostrando esa variable diferencias estadísticas entre sus tratamientos, mientras que para los otros órganos no presentaron diferencias significativas.

En otros estudios realizados en flor de nochebuena, la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  ha tenido efecto en el peso seco de los órganos cuando es mayor de 2:1 (Cruz, 2013). Como se puede observar en éste estudio, el mayor peso seco de tallo se registró bajo una concentración de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  de 11.5 y 8  $\text{meqL}^{-1}$ , siendo el tratamiento 3 el que obtuvo el mayor peso seco de tallo, por lo tanto, se podría pensar que a mayor peso seco de tallo se obtendría una mayor longitud, lo cual concuerda con los datos obtenidos pues con este tratamiento se obtuvieron tallos de hasta 74 cm de longitud, mientras con el control se obtiene una longitud de 64 cm. Las relaciones de  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  a una

relación más alta de  $\text{NO}_3^-$  genera una acumulación del peso seco, como lo reporta Cruz (2013) para nochebuena; esto puede deberse al antagonismo entre  $\text{NO}_3^-$  y K, por lo que se recomienda aplicar niveles altos de  $\text{NO}_3^-$  para obtener una mejor calidad de producción de materia seca.

Con respecto a la producción de la flor de corte en rosal, esta presenta una absorción cíclica en  $\text{NO}_3^-$  (Cabrera *et al.*, 1995) ya que una alta absorción nutrimental se presenta cuando ocurre la elongación lenta del brote, lo que contrasta con este estudio ya que el tratamiento con 11.5 meq  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  con 8 meq  $\text{L}^{-1}$  de K fue el que obtuvo una longitud de tallo de casi 74 cm (Cuadro 3). Sin embargo, otros estudios reportan que la detención en la elongación del tallo floral está íntimamente relacionada con una mayor tasa de absorción de  $\text{NO}_3^-$  (Mattson y Lieth, 2005).

La relación de  $\text{NO}_3^-$  y K de 2/1 con concentraciones de 9 y 4.2 meq  $\text{L}^{-1}$  es sugerida para una gran acumulación de biomasa ya que se han obtenido un alto peso seco (Balon-Campos, 2015) ya que algunos autores mencionan que el rendimiento está íntimamente asociado a la acumulación de la biomasa, lo que garantiza un incremento en los rendimientos (Peil y Galvez, 2005).

En cuanto a la longitud del botón floral, el tratamiento control obtuvo un botón de 39 mm, sin embargo, el tratamiento 3 obtuvo uno de 37 mm al igual que una longitud de tallo mayor a todos los demás tratamientos. El tratamiento 3 contaba con 11.5 meq  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y 8 meq  $\text{L}^{-1}$  de K mientras que otros estudios han demostrado que no existe un efecto en la concentración de  $\text{NO}_3^-$  en los botones florales (Balon-Campos, 2015) en comparación con el testigo, como se demuestra en este estudio. Algunos autores mencionan que durante la etapa de botón floral la acumulación de

$\text{NO}_3^-$  está íntimamente relacionada. En los cultivos de ornamentales se menciona que el N en forma de  $\text{NO}_3^-$  es altamente requerido para la formación de botones florales con mayor tamaño y consistencia, lo que concuerda con el presente estudio para el caso del tratamiento 3 (Calvache, 2012).

Para el caso de otras ornamentales como *lisianthus* esta reportado que la mayor absorción de  $\text{NO}_3^-$  ocurre durante el periodo de floración (Pérez, 2014). Otros autores reportan que la mayor demanda de  $\text{NO}_3^-$  ocurre durante la floración ya que presenta valores de máxima absorción nutrimental (Velázquez, 2008). Aunque en el presente estudio el  $\text{NO}_3^-$  proporcionado por la solución nutritiva para la variable de un botón floral de 37 mm no es el más alto de entre todas las soluciones ésta longitud de botón no es distinta estadísticamente de los que se obtuvieron del tratamiento 6 el cuál si cumple con lo mencionado anteriormente, una alta proporción de  $\text{NO}_3^-$  en comparación con K con 15 meq  $\text{L}^{-1}$  y 5 meq  $\text{L}^{-1}$  respectivamente.

Para el caso de K las concentraciones en botones florales en otros estudios no han mostrado efecto (Balon-Campos, 2015). Algunos autores mencionan que el K es altamente demandado durante la formación del botón, por lo tanto, se puede reflejar en la calidad de la flor de corte (Calvache, 2012), mientras tanto en algunas especies ornamentales requieren concentraciones altas de K durante el desarrollo floral (Medina *et al.*, 1999). Sin embargo, existen otras especies como la nochebuena, en la cual Cruz (2013) menciona que declina la absorción de  $\text{NO}_3^-$  mientras la de K se incrementa sin importar la concentración de  $\text{NO}_3^-$  debido a que, al iniciarse la floración, es decir, la pigmentación de brácteas, los niveles altos de

$\text{NO}_3^-$  ya no son requeridos debido a que el crecimiento de la planta ya no aumenta. Mientras tanto para la obtención de la flor de corte en rosa el botón floral con una longitud de 37 cm requirió 8 meq  $\text{L}^{-1}$  de K, solamente tres unidades menos que lo que requirió de  $\text{NO}_3^-$  para obtener esa calidad de botón.

En cuanto al rendimiento, los tratamientos 6 y 7 fueron los que sobresalieron de los demás a pesar de que en estos se obtuvo un tamaño de botón de 33 y 35 mm y una longitud de 69 y 71 mm, respectivamente. En cuanto a las relaciones  $\text{NO}_3^-/\text{K}$  se comportan distinto a otras ornamentales como ya lo hemos discutido pues la concentración de  $\text{NO}_3^-$  alta para el tratamiento 6 en comparación con la de K no incrementa en absoluto el tamaño de botón ni fue el tallo con la mayor longitud, sin embargo el tratamiento 7 obtiene un rendimiento similar al 6 con cantidades de hasta siete unidades menos de  $\text{NO}_3^-$  aunque tres unidades más de K se obtienen los mismos rendimientos lo que puede ser debido a un sinergismo entre  $\text{NO}_3^-$  y K. Mientras que el tratamiento control fue el que obtuvo un rendimiento de 3.2 flores/planta<sup>-1</sup>.

Así mismo, debido a que en la actualidad se requiere de una menor aplicación de fertilizantes y una optimización en el recurso agua, el tratamiento 7 con 8 meq $\text{L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y 7.9 meq $\text{L}^{-1}$  de K nos permite obtener rendimientos altos, tallos y botón de calidad con un ahorro de insumos y consumo del recurso agua.

## VI. CONCLUSIONES

El mayor peso seco en los órganos de la flor de corte se obtuvo en el tallo en el tratamiento con  $11.5 \text{ meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y  $8 \text{ meqL}^{-1}$  de K, estando estrechamente relacionado el peso seco con el crecimiento de los tallos y un mayor rendimiento en la flor de corte, mayor longitud en el tallo y botón.

De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda el tratamiento con  $8 \text{ meqL}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y  $7.9 \text{ meqL}^{-1}$  de K ya que se obtienen rendimientos altos, así como tallos y botones de un tamaño aceptable para el mercado.

## VII. LITERATURA CITADA

- Abad, M., P. Noguera y C.P. Carrion. 2005. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. pp. 299-354. En: Cadahía, C. (ed.). Fertirrigación Cultivos Hortícolas, Frutales y Ornamentales. Tercera edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 681 p.
- Adams P. 2004. Aspectos de nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo. 81 – 112 pp. En: Tratado de cultivo sin suelo 3er ed. Urrestarazu, M. (Ed.). Ediciones Mundi-Prensa. España
- Aldana, N. (1999). Evaluación de las características morfológicas de treinta y uno variedades de rosas, Rosa sp. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ing. Agr. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- Alvarado- Camarillo D.; Valdez- Aguilar L. A.; Castillo González A. M.; Trejo- Téllez L.I.; Martínez- Amador, S. Y. 2017. Biomass, nitrogen and potassium dynamics in soilless cultivated roses.
- Álvarez, M. 1980. Agrotecnia de los rosales. En: Floricultura. La Habana. Editorial Pueblo y Educación. (1980), p.505-545.
- Armitage, A. M. y Laushman, J. M. 2003. Specialty cut flowers. The production of annuals, perennials, bulbs, and woody plants for fresh and dried cut flowers. 2nd Ed. Timber Press, Inc. Portland, Oregon, U.S.A.
- Balon-Campos C. I. 2015 Respuesta de Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn) cv. ABC 2 Blue a la relación  $\text{NO}_3^-/\text{K}^+$  en diferentes concentraciones. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.

- Bañon, A.S., Gonzales, B.G.A, Fernández, H.J.A, Cifuentes R.D. 1993 Gerbera, Lilium Tulipán y Rosa. Madrid. pp 203-248.
- Bar-Yosef, B. 1999. Advances in fertigation. Adv. Agron. 65: 1-77.
- Basheer, M. y Agrawal, O. P. 2013. Research article effect of vermicompost on the growth and productivity of tomato plant (*Solanum lycopersicum*) under field conditions. India. International J. Recent Sci. Res. 3(4):247-249.
- Barrera-Aguilar, E.; Valdez-Aguilar, L. A.; Castillo-González, A. M.; Ibarra-Jiménez, L.; Rodríguez-García, R. y Alia-Tejacal, I. 2012. La nutrición potásica afecta el crecimiento y fotosíntesis en *Lilium* cultivado en turba ácida. México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3: 1011-1022.
- Broschat, T. K.; Sandrock, D. R.; Elliott, M. L. y Gilman, E. F. 2008. Effects of fertilizer type on quality and nutrient content of established landscape plants in Florida. Hort Technology 18(2):278-285.
- Burgarin, M. R. y Lozoya, H. 1992. Propagación in vitro del portainjerto Rosa x noisettiana cv. "Manetti" a partir de yemas axilares. Chapingo, vol. 15, no. 78, p. 39-44.
- Cabrera, R. I. 1995. Manejo de viveros ornamentales en USA. Chapingo, vol. 3, p.9-14.
- Cabrera, R.I.; Evans, R.Y., y Paul, J.L. 1995<sup>a</sup>. Cyclic nitrogen uptake by greenhouse roses. Scientia horticultrae, 63:57-66.
- Calvache U., M 2012. Fertirrigación en cultivos ornamentales. Fertirrigación en cultivos de flores. 15 p.
- Castilla, Y. 2005 Cultivo de tejidos de rosas (*rosa sp*): un acercamiento a investigaciones recientes. Cultivos tropicales. 26 (4), 43-47.

- 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.
- Cruz E., L. D. 2013. Relación nitrógeno potasio en la solución nutritiva sobre el desarrollo y calidad en plantas de nochebuena. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 107 p.
- Ecuador. 2000. Las Flores y sus espinas: impacto socio ambiental de los cultivos de Flores, Acción ecológica, alerta NO. 90
- Ehret, D.L., J.G. Menzies, y T. Helmer. 2005. Production and quality of greenhouse roses in recirculating nutrient systems. *Scientia Horticulturae* 106(1):103-113.
- Espinosa, P. (2013). Evaluación del efecto de dos bioestimulantes en el cultivo de la rosa (*Rosas* sp.) variedades Charlotte y Konffeti. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. disponible en URL:<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1009/1/T-UCE0004-13.pdf> [consulta 30 de noviembre del 2016]
- Fageria V. D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition* 24(8):1269-1290.
- FAO, 2002. Los fertilizantes y su uso. Guía de bolsillo para los oficiales de extensión.
- FAO, 2003. Development of a framework for good agricultural practices. In: <http://www.fao.org/docrep/meeting/006/y8704e.htm>. Consulta: noviembre 2018.
- Ferrer, M.F., Salvador, P.P.J. 1986. Nutrición. La producción de rosas en cultivo protegido. Universal Plantas, S.A. Sevilla, España. pp 167-178.

- FNPAES 1993, Fondo Nacional para el Apoyo de Empresas de Solidaridad.
- Gad, N. y Hassan, N. M. 2013. Role of cobalt and organic fertilizers amendments on tomato production in the newly reclaimed soil. Egipto. World Appl. Sci. J. 10(22):1527-1533.
- García V., E. 2010. Respuesta de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Raf.) cv. Echo blue a diferentes dosis de K en la solución nutritiva. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, Mexico. 77 p.
- Gaytán-Acuña, E.; Ochoa, D. L.; García, R.; Zavaleta, E. y Mora, G. 2006. Producción y calidad comercial de flor de crisantemo. México. Terra Latinoam. 4(24):541-548.
- Gomora-Jimenez, J.A, Sánchez-Meza, J. C., Pacheco-Salazar, V. F., Pavon-Silva, T. B., Adame-Martinez; S. y Barrientos becerra, B. 2006 Integración de indicadores de desempeño ambiental para la producción florícola. En: fundación PRODUCW-ICAMEX a través del proyecto folio: 15-2005-2676; clave UAEM: 2187/2005E. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química e Instituto Tecnológico De Toluca, Metepec, Estado De México. 10pp.
- Gutiérrez, F, Rodriguez, G, de la fe, P, Gutierrez,M, Hernandez, J. 2010, factores que pueden influir en la conservación de las rosas cortadas y las soluciones que se han adaptado en tenerif. Editorial, hoticultura florican, pp5.
- Guo, X. S., Zhu, H. B., Wang, W. J., Ye, S. Y., Wu, J., y Wu, L. S. (2004). Effect of different rates of nitrogen and potash on yield and quality of cabbage. USA. Plant Nutri Fertil Sci, 10(2), 161-166.

- Handreck, K. y Black, N. 2002. Growing media for ornamental plants and turf. 4th. Ed. UNSW Press. Australia.
- Harbaugh, B. K. 2007 *Lisianthus Eustoma grandiflorum*, p. 645-663. In: Flower Breeding and Genetics Issues, Challenges and Opportunities for the 21 st Century. Anderson, N.O. (Ed.) Springer, U.S.A.
- Hessayón, D. Rosas. Manual de cultivo y conservación. Editorial BLUME. Barcelona. 1994. 126 p.
- Huché – Thérlier, H., Boumaza, R., Demontes-Mainard, S., Canet, A., Symoneaux, R., Douillet, O., Guérin, V, 2011. Nitrogen deficiency increases basal branching and modifies visual quality of the rose bushes. Pp. 325-334.
- Infoagro. 2009. El cultivo de rosas para corte. Fecha de consulta 03/05/18 disponible en: [Http://www.infoagro.com/flores/flores/rosas2.htm](http://www.infoagro.com/flores/flores/rosas2.htm)
- Jan, M. T.; Khan, M. J.; Khan, A.; Arif, M.; Farhatullah; Jan, D.; Saeed, M. y Afridi, M. Z. 2011. Improving wheat productivity through source and timing of nitrogen fertilization. Pak. J. Bot. 43(2):905-914.
- Larson, A. R. 1987. Introducción a la floricultura. A.G.T. Editor S.A. primera edición en Español, México, D.F; pag 75.
- Latorre, F. 2011. La vida de Las Plantas. Quito, Ecuador: Editorial Universitaria.
- Lazcano-Ferrat, I. 1996. El potasio y el concepto de la fertilización balanceada. Instituto de la potasa y el fósforo. Informaciones agronómicas 1(6):1-16.
- Linares, H. 2004, Manual del participante. El cultivo del rosal fecha de consulta 03/05/18 disponible en: [http://sra.gob.mx/internet/informacion\\_general/programas/fondo\\_tierras/manuales/cultivo\\_rosal.pdf](http://sra.gob.mx/internet/informacion_general/programas/fondo_tierras/manuales/cultivo_rosal.pdf)

- LÓPEZ, M. 1991. Cultivo del rosal en ambiente atemperado. Editorial Mundi prensa Madrid España. 281 – 286 p.
- Maldonade, I. R.; Guedes, I. M. R. y Filho, M., M. 2012. Effect of N:K molar ratio in fertigation on quality of greenhouse-grown strawberries in Brazil. *Acta horticulturae*. 927: 291-294.
- Marfà, O. 2000. La recirculación en cultivos sin suelo. Elementos básicos, pp. 21-27. En: Marfà, O. (ed.). Recirculación en cultivos sin suelo. Compendios de Horticultura, volumen 14. Ediciones de Horticultura, 12/11/2018 Vélez Carvajal S.L., Reus. 177 p.
- Marfà, O., J. Casdesús y R. Cáceres. 2006. Recirculación en cultivos sin suelo. pp. 175-190. En: Alarcón, A.L. (ed.). Cultivos sin suelo. Compendios de Horticultura, volumen 17. Ediciones de Horticultura, S.L., Cataluña. 269 p.
- Martínez, A., 2009. Cultivo de rosas (Rosas sp), fecha de consulta 03/05/18 disponible en <http://mail.sdr.gob.mx/cadenas/guias/guiasPDF/cultivo%20de%20rosas.pdf>.
- Massa, D., Mattson, N. S., y Lieth, H. 2008. An empirical model to simulate sodium absorption in roses growing in a hydroponic system. *Scientia horticulturae* 118: 228-235. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.667.2489&rep=rep1&type=pdf>
- Mattson, N. S. y Lieth, J.H. 2005. Modeling macronutrient absorption of hydroponically-grown cut flower roses. *Acta Horticulturae in: IV international Symposium on Rose Research and Cultivation*. 751 (129-135 pp.).

- Medina, G.A.; Orozco de A., M.; Bolívar, J.L. y Ramirez, P. J. 1999. Acumulación y concentración de nitrógeno, fosforo y potasio en *Gypsophilia paniculata* L. cv. Perfecta. *Agronomía Colombia* 16(1-3): 46-50.
- Mehdizadeh, M.; Darbandi, E. I.; Naseri-Rad, H. y Tobeh, A. 2013. Growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as influenced by different organic fertilizers. *Iran. Int. J. Agron. Plant Prod.* 4(4):734-738.
- Mendoza F., L.G. 2013 fertilizacion silicea en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* L) cv.mariachi. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Chapingo, Mexico. 75 p.
- Pacheco, A. (2010). Nutrición vegetal y soluciones nutritivas II <https://acea.com.mx/articulos-tecnicos/alex-j-pacheco/163-nutricion-vegetal-y-soluciones-nutritivas-ii>
- Padilla, A. (2007). Curvas de absorción de nutrientes de la rosa variedad Rockefeller bajo condiciones de macrotúnel en la empresa Agroganadera Espinosa Chiriboga, Cotopaxi, Ecuador. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Ing. Agr. Honduras: Zamorano, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Pardo, J. M., Cubero, B., Leidi, E. O., y Quintero, F. J. (2006). Alkali cation exchangers: roles in cellular homeostasis and stress tolerance. United Kingdom. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1181-1199.
- Peil, R. M. y Galvez, J. L. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Revista brasileira de agrociencia* 11(1):05-11.

- Pérez V., N. N. 2014. Extracción de macronutrientes en *Lisianthus (Eustoma grandiflorum (Raf.) Shinn)*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Mexico. 52 p.
- Quesada-Roldán, G., y Bertsch-Hernández, F. 2013. Obtaining of the absorption curve for the FB-17 tomato hybrid. México. *Terra Latinoamericana*. 31: 1-7.
- Recuerda, J. C. El rosal: su cultivo. *Agrícola Vergel*, 1991, vol. 10, no. 109, p. 49-50.
- Ruiz, R. (2012). Producción y comercialización de rosa de corte en el Rancho “Los Morales” de Tenancingo. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ing. Agr. México: UNIVERSIDAD VERACRUZANA.
- SAGARPA 2018. Puebla incrementa su producción en rosa. Disponible en <https://www.gob.mx/sagarpa/puebla/articulos/puebla-incrementa-su-produccion-de-rosas-sagarpa?idiom=es>
- Sánchez P. A. 2004. Análisis y diagnóstico nutricional en cultivos sin suelo. 49 – 79 pp. En: Tratado de cultivo sin suelo 3er ed. Urrestarazu, M. (Ed.). Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Sedano-Castro, G. González-Hernández, V. A., Saucedo-Veloz, C., Soto-Hernández, M., Sandoval-Villa, M., y Carrillo-Salazar, J. A. (2011). RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DE CALABACITA CON ALTAS DOSIS DE N Y K. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 133-142.
- SENA. Formación de plantas. En: Operario Calificado en Labores Culturales. 2000. p. 18-38.

- Sepat, N. K.; Kumar, A.; Yadav, J. y Srivastava, R. B. 2012. Effect of integrated nutrient management on growth, yield and quality of tomato in trans Himalayan. India. Ann. Plant Soil Res. 2(14):120-123.
- SIAP 2018a Avance al mes de febrero: a un mes de finalizar el año agrícola 2017. Disponible en. <https://www.gob.mx/siap/articulos/avance-al-mes-de-febrero-a-un-mes-de-finalizar-el-ano-agricola-2017?idiom=es>
- SIAP 2018b garantiza SAGARPA abasto de rosas para este 14 de febrero <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/sonora/boletines/Paginas/2018B0011.aspx>
- SIAP 2018c resumen nacional intención de cosecha 2018 disponible en:[http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/intension/Intencion\\_cosechaPerenne\\_cultivo2018.pdf](http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/intension/Intencion_cosechaPerenne_cultivo2018.pdf)
- Sooneveld, C.; Voogt, W. 2009. Plant Nutrition of greenhouse crops. Springer. USA. 423 pp.
- Thompson L. M.; Troeh F. R. 1988. Los suelos y su fertilidad. Cuarta edición. Editorial Reverté España. 661 p.
- Thorburn, P.j.; Biggs, J.S.; Weiner, K.L y Keating, B.A 2003. Nitrate in groundwaters of intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia. The Netherlands. Agricultura, Ecosystems and Environment. 94:49-58.
- Torres, R. (2014). Floricultura mexicana: gran industria en el anonimato. Tierra fértil. Disponible en: <http://www.inforural.com.mx/floricultura-mexicana-gran-industria-en-el-anonimato/>

- Velázquez M., J 2008. Extracción nutrimental en lisianthus ( *Eustoma grandiflorum* Raf.) cv. Mariachi. Tesis de licenciatura. Universidad de Chapingo, Mexico. 97 p.
- Vidalie, H. 1992. La producción de flor cortada. En: Producción de Flores y Plantas Ornamentales. Madrid. Editorial Mundi-Prensa., p. 167-178.
- Weyler y Kusery, E. W. Propagation of roses from cuttings. Hort. Science, 2001, vol. 15, no. 1, p. 85-86.
- White, P.J. 2012. Ion Uptake Mechanisms of Individual Cells and Roots: Short-distance Transport. 7 – 47 pp. In: Marschner's mineral nutrition of higher plants 3<sup>rd</sup> Ed. Marschner, P. (Ed.). Elsevier. United States of America.
- Xotla, M. P. y Ruiz, R. 2012. Producción y comercialización de rosa de corte en el Rancho " Los Morales" de Tenancingo, Edo. De México. Trabajo de Experiencia Recepcional. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas Campus Xalapa, 60 pp.
- Zhang, F., Niu, J., Zhang, W., Chen, X., Li, C., Yuan, L., & Xie, J. (2010). Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. The Netherlands. Plant and soil, 335(1-2), 21-34.
- Zou TX, Dai TB, Jiang D, Jing Q, Cao WX (2006) Effects of nitrogen and potassium supply on grain yield and quality in weak gluten wheat. The Netherlands. J Triticeae Crops 26(6):86–90.

### **Páginas electrónicas consultadas**

Rosas de corte consultado en 2018 página: <https://www.rosen-tantau.com/en/cut-roses/indoor/e-u-r-o-p-e/freedom>

Patrones de Rosas consultado en 2017 página:  
<https://www.clubensayos.com/Ciencia/Patrones-De-Rosas/1141613.html>