

## Cobalto en poscosecha de varas florales de gladiola (*Gladiolus grandiflorus* Hort.)\*

### Cobalt in postharvest of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* Hort.)

Libia Iris Trejo-Téllez<sup>1§</sup>, Fernando Carlos Gómez-Merino<sup>2</sup>, Valeria Gómez-Pérez<sup>3</sup> y Flor de Azalea Castro-García<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Municipio de Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel: 5959510198. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Congr. Manuel León, Municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946. México. (fernandg@colpos.mx). <sup>3</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Agronomía. Carretera Culiacán-El Dorado km 17.5, Culiacán, Sinaloa. C. P. 80000. México. (shey\_jc\_hayra@hotmail.com). <sup>4</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa. Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte. Calle 16 Av. Japaraquí s/n, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa. C. P. 81110. México. (azaleacg@gmail.com). <sup>§</sup>Autora para correspondencia: tlibia@colpos.mx.

## Resumen

En esta investigación se evaluó el efecto del cobalto (Co) en distintas concentraciones (0, 0.3 y 0.6 mM) en variables poscosecha de varas florales de gladiola (*Gladiolus grandiflorus* Hort.) cultivar Borrega Roja. Durante siete días se evaluó la absorción de agua por las varas florales y la variación en el peso de éstas, así como también la cinética de apertura de las flores que constituyen cada inflorescencia. Después de siete días de tratamiento, se evaluó el peso de materia seca por órgano (tallo, hojas e inflorescencia) y concentración y contenido de N por órgano; concentración de clorofilas a, b y total. Se observó un incremento significativo en la absorción de agua en varas florales tratadas con ambas concentraciones de Co, respecto al testigo, después de 144 h de iniciados los tratamientos; asimismo en este muestreo, el menor porcentaje de pérdida de peso en fresco se registró en varas tratadas con 0.3 mM; no obstante, éste no fue diferente estadísticamente al resto de los tratamientos. La concentración baja de Co, incrementó significativamente el contenido de N en tallos y la concentración foliar de clorofilas. El Co no tuvo influencia en la cinética de apertura foliar ni la concentración de N por órgano. Los pesos de materia seca total, de hojas y de tallos fueron superiores con el tratamiento de Co de 0.3 mM.

## Abstract

In this research, the effect of cobalt (Co) was evaluated in different concentrations (0, 0.3 and 0.6 mM) in variables postharvest of gladiola evaluated (*Gladiolus grandiflorus* Hort.) Cv. Borrega Roja. For seven days, we evaluated the water uptake through the floral stems and the variation in their weight, as well as the kinetics of opening of the flowers constituting each inflorescence. After seven days of treatment, the weight of dry matter per organ (stem, leaves and inflorescence) and concentration was evaluated and N content per organ; concentration of chlorophyll a, b and total. A significant increase was observed in the water absorption in flower stems treated with both concentrations of Co, compared with the control after 144 h after the start of the treatment; also in this sample, the lowest percentage of weight loss was recorded in fresh rods treated with 0.3 mM; however, this was not statistically different to other treatments. The low concentration of Co significantly increased N content in stems and leaf concentration of chlorophyll. Co had no influence on the kinetics of foliar opening and N concentration per organ. The total dry weights of leaves and stems were higher with the treatment of 0.3 mM Co.

**Keywords:** dry matter, nitrogen partition, post-harvest quality, photosynthetic pigments.

**Palabras clave:** calidad poscosecha, materia seca, partición de nitrógeno, pigmentos fotosintéticos.

## Introducción

El cobalto (Co) es un elemento esencial para los seres humanos, animales y procariontes. En plantas superiores no se ha identificado una función fisiológica de este elemento; con excepción de las leguminosas que lo requieren para la fijación de nitrógeno que realizan bacterias simbiotas (Witte *et al.*, 2002). A pesar de su no esencialidad, se ha identificado que concentraciones de Co en tejido vegetal, menores a 10 mg g<sup>-1</sup> de peso seco, pudieran ser benéficas (Palit *et al.*, 1994).

En tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en hidroponía, se evidenció que la adición de Co en una concentración de 2.5 mg L<sup>-1</sup> de solución nutritiva, favoreció la absorción de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (Boureto *et al.*, 2001). Gad (2005) también en tomate, indica que el suministro de Co en dosis de 7.5 mg L<sup>-1</sup> de solución nutritiva, incrementa significativamente parámetros de crecimiento, rendimiento y la concentración nutricional; mientras que en frutos aumentó los sólidos solubles totales, azúcares solubles totales y la concentración de ácido ascórbico y redujo la acidez titulable. En maíz (*Zea mays* L.) establecido en suelo, se encontró que concentraciones de Co de 50 mg kg<sup>-1</sup> incrementan el vigor de plántulas, el número de mazorcas por planta y de semillas por mazorca; así también aumentan la concentración de pigmentos fotosintéticos como clorofilas a, b y totales, contenido de aminoácidos, proteínas y almidones (Jaleel *et al.*, 2009).

Bajo condiciones de estrés osmótico, también se ha reportado el efecto positivo de la adición de Co; por ejemplo, en plántulas de papa sometidas a estrés osmótico, la adición de éste en concentraciones de 25 µmol L<sup>-1</sup> inhibió la tasa de producción de etileno de manera significativa, disminuyó las concentraciones de radicales libres de oxígeno e incrementó la actividad de enzimas antioxidantes (Li *et al.*, 2005). Asimismo, el efecto del Co en parámetros poscosecha de distintas especies ornamentales ha sido estudiado. En rosa (*Rosa hybrida*) cv. Samantha, el Co inhibió el bloqueo vascular de los tallos, lo que permitió un alto flujo de agua a través de éstos, conduciendo a un incremento significativo en la absorción de agua de las flores cortadas (Reddy, 1998).

## Introduction

Cobalt (Co) is an essential element for humans, animals and prokaryotes. In higher plants, a physiological function of this element has not been identified so far; except for legumes that required for nitrogen-fixing performed by symbiotic bacteria (Witte *et al.*, 2002). Despite its non-essentiality, we have identified that Co levels in plant tissue, under 10 mg g<sup>-1</sup> dry weight, may be beneficial (Palit *et al.*, 1994).

In tomato (*Solanum lycopersicum* L.) grown in hydroponics, it was shown that the addition of Co at a concentration of 2.5 mg L<sup>-1</sup> of nutrient solution, favoured the absorption of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) (Boureto *et al.*, 2001). Gad (2005) also in tomato, indicating that the supply of Co at a dose of 7.5 mg L<sup>-1</sup> of nutrient solution significantly increased growth parameters, yield and nutrient concentration; whereas fruits increased total soluble solids, total soluble sugar and ascorbic acid concentration and reduced acidity. In maize (*Zea mays* L.) established in soil, Co concentrations of 50 mg kg<sup>-1</sup> increased seedling vigor, number of pods per plant and seeds per pod was found; and also increase the concentration of photosynthetic pigments such as chlorophyll a, b and total, content of amino acids, proteins and starches (Jaleel *et al.*, 2009).

Under conditions of osmotic stress, it has also been reported positive effects of the addition of Co; e.g. in potato seedlings subjected to osmotic stress, the addition of it in concentrations of 25 mmol L<sup>-1</sup> inhibited ethylene production rate significantly decreased concentrations of oxygen free radicals and increased the activity of antioxidant enzymes (Li *et al.*, 2005). Also, the effect of Co on parameters of different post-harvest ornamental species has been studied. In rose (*Rosa hybrida*) cv. Samantha, inhibited the vascular blockade of Co stems, allowing a high flow of water through them, leading to a significant increase in water uptake of cut flowers (Reddy, 1998). In carnation (*Dianthus caryophyllus* L.), treatment with Co in concentrations of 50 to 100 mg L<sup>-1</sup>, significantly increased vase life compared with the control; also observed a reduction in the rate of production of ethylene (Jamali and Rahemi, 2011). In Liliium oriental hybrid "Star Gazer" and "Star Fighter" Co concentrations of 0.1 and 0.2 mM showed delayed senescence symptoms of flower stalks (Mandujano-Piña *et al.*, 2012).

Gladiola is a species of high demand in our country, but the longevity of the flowers is quite short. The vase life of individual rods is between 4 and 6 days (Hatamzadeh *et al.*, 2012). Although there are studies that have shown that

En clavel (*Dianthus caryophyllus* L.), el tratamiento con Co en concentraciones de 50 a 100 mg L<sup>-1</sup>, incrementaron significativamente la vida de florero, en comparación con el testigo; asimismo, se observó una reducción en la tasa de producción de etileno (Jamali y Rahemi, 2011). En *Lilium* híbrido oriental “Star Gazer” y “Star Fighter” se mostró que concentraciones de Co de 0.1 y 0.2 mM retrasan los síntomas de senescencia de los tallos florales (Mandujano-Piña *et al.*, 2012).

La gladiola es una especie de alta demanda en nuestro país, pero la longevidad de sus flores es muy corta. La vida de florero de varas individuales es de entre 4 y 6 días (Hatamzadeh *et al.*, 2012). Si bien, existen investigaciones que han evidenciado que la senescencia de pétalos de gladiola no es afectada por etileno exógeno, así como por inhibidores de etileno (Ezhilmathi *et al.*, 2007), ésta última respuesta atribuida al Co, esta investigación tiene por objetivo evaluar efectos de este metal en otros parámetros poscosecha de gladiola.

## Materiales y métodos

**Condiciones experimentales.** Esta investigación se desarrolló bajo condiciones de laboratorio, con temperaturas medias durante el día de 25.8 °C y nocturnas de 25.3 °C; humedad relativas de 33.4 y 39.8% diurnas y nocturnas, respectivamente. La intensidad luminosa promedio fue de 19 y 2 lumens, durante el día y la noche, respectivamente

**Material vegetal.** Varas florales de gladiola (*Gladiolus grandiflorus* Hort.) cv. Borrega Roja fueron adquiridas en el mercado local, las flores que conforman la inflorescencia se encontraban cerradas en su totalidad. Las inflorescencias estuvieron constituidas por entre 12 y 16 flores y su longitud fue de 92 cm.

**Diseño de tratamientos y diseño experimental.** A partir de CoCl<sub>2</sub> 6H<sub>2</sub>O (Sigma Aldrich, ACS Reagent 98%), se prepararon con agua desionizada soluciones con concentraciones de Co de 0.3 y 0.6 mM, empleándose como testigo agua desionizada. 250 ml de cada una de las soluciones se colocaron en floreros de cristal, con una vara floral, misma que constituyó la unidad experimental. Cada uno de los tratamientos evaluados tuvo 10 repeticiones y se distribuyeron sobre mesas completamente al azar.

senescence of petals is not affected by exogenous ethylene, as well as inhibitors of ethylene (Ezhilmathi *et al.*, 2007), the latter response attributed to Co, this research aims to evaluate effects of mercury in other post-harvest parameters.

## Materials and methods

**Experimental conditions.** This research was conducted under laboratory conditions, with average daytime temperatures of 25.8 °C and 25.3 °C at night; relative humidity of 33.4 and 39.8% day and night, respectively. The average light intensity was 19 and two lumens, day and night, respectively

**Plant material.** Floral Rods of gladiola (*Gladiolus grandiflorus* Hort.) Cv. Borrega Roja were purchased in the local market, the flowers that make up the inflorescence were closed entirely. The inflorescences were constituted by 12 to 16 flowers and its length was 92 cm.

**Designing treatments and experimental design.** From CoCl<sub>2</sub> 6H<sub>2</sub>O (Sigma Aldrich, ACS Reagent 98%) were prepared with deionized water solutions with concentrations of 0.3 and 0.6 Co mM, using deionized water as a control. 250 ml of each of the solutions were placed in glass vases, with a flower stem, same as the experimental unit. Each treatment had 10 replications evaluated and distributed on tables completely random.

### Variables evaluated

**Water absorption by floral stem.** After 48, 96 and 144 hours of treatment the amount of water consumed by each of the floral stem using a glass test tube was evaluated. After the measurement, each vase volume was brought back to 250 mL.

**Weight loss percentage of flower rods.** The weight of each flower stem was determined at 2, 3, 5 and 7 days after treatment established using a digital scale (Mod. EK 3052-P, chap. 5 kg / 11 lb). The results were indexed to the initial weight of each flower stem to obtain the weight loss percentage thereof. The percentage loss in each sample submitted is accumulated.

**Kinetics anthesis.** Anthesis was assessed after 2, 3, 5 and 7 days of treatment. The degree of anthesis were grouped into five classes, according to what described by Serek *et al.* (1994), which are: 1) closed start button that pigment (A1) is noticed; 2) initial opening button (A2); 3) opening button with 50% (A3); 4) button to open 100% (A4); and 5)

## VARIABLES EVALUADAS

**Absorción de agua por varas florales.** Después de 48, 96 y 144 h de tratamiento se evaluó la cantidad de agua consumida por cada una de las varas florales usando una probeta de cristal. Una vez realizada la medición, el volumen de cada florero se llevó nuevamente a 250 mL.

**Pérdida porcentual de peso de varas florales.** El peso de cada vara floral se determinó a los 2, 3, 5 y 7 días después de establecidos los tratamientos usando una balanza digital (Mod. EK 3052-P, cap. 5 kg/11 lb). Los resultados fueron referenciados al peso inicial de cada vara floral para la obtención del porcentaje de pérdida de peso de éstas. La pérdida porcentual presentada en cada muestreo es acumulada.

**Cinética de apertura floral.** La apertura floral fue evaluada después de 2, 3, 5 y 7 días de tratamiento. El grado de apertura floral se agrupó en cinco clases, de acuerdo a lo descrito por Serek *et al.* (1994), los cuales son: 1) botón cerrado en el cual se advierte inicio de pigmentación (A1); 2) botón con apertura inicial (A2); 3) botón con apertura de 50% (A3); 4) botón con apertura de 100% (A4); y 5) senescencia incipiente (S, indicada por inicio de marchitez en márgenes de los pétalos). Se contabilizaron los botones en cada fase, determinándose el porcentaje en cada grupo tomando el total de flores que conformaba cada una de las inflorescencias.

**Materia seca por órgano.** Después de siete días de tratamiento, las varas florales fueron divididas en hojas, tallo e inflorescencias. Las muestras resultantes fueron secadas hasta peso constante a 70 °C y se determinó el peso de materia seca de cada órgano usando una balanza analítica (marca Riossa modelo HCF-125D. México).

**Concentración de N.** Se determinó la concentración de N en tejido seco en los órganos provenientes de las varas florales tratadas, empleando el método Semimicro-Kjeldahl (Bremner, 1965).

**Contenido de N por órgano y total.** Con los resultados obtenidos de concentración de N en cada órgano y su peso promedio de materia seca, se estimó el contenido de N en cada uno de ellos y total.

**Concentración foliar de clorofilas.** En hojas de varas florales tratadas por siete días con distintas concentraciones de Co, se determinó la concentración de clorofilas a, b y total, de

incipient senescence (S, indicated by start wilting petals in margins). Buttons were counted in each phase, determining the percentage in each group taking the total flowers that made up each of the inflorescences.

**Dry matter per organ.** After seven days of treatment, floral stem were divided into leaves, stems and inflorescences. The resulting samples were dried to constant weight at 70 °C and dry matter weight of each organ was determined using an analytical balance (brand Riossa HCF-125D model. Mexico).

**N concentration.** N concentration on dry fabric was determined in organs from treated floral stem using a semimicro-Kjeldahl method (Bremner, 1965).

**N content per organ and total.** With the results of N concentration in each organ and the average weight of dry matter, N content in each and the total was estimated.

**Leaf chlorophyll concentration.** On floral stem leaves treated for seven days with different concentrations of Co, the concentration of chlorophyll a, b, and total was determined, according to Harborne (1973), using a spectrophotometer (Spectronic, Genesys™ series 10uV. EU).

**Analysis of results.** The results were statistically analysed using analysis of variance and mean comparison test of Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) using the SAS (SAS, 2002) software.

## RESULTS AND DISCUSSION

**Water absorption by floral rods.** Absorption of floral stem water after 48, 96 and 144 h of vase set, shown in Table 1.

**Cuadro 1. Absorción de agua por varas florales de gladiola tratadas con diferentes concentraciones de cobalto.**  
**Table 1. Water absorption of gladiola floral stem treated with different concentrations of cobalt.**

Cobalto, mM	48 h	96 h	144 h
	mL		
0	100 ± 5.78 a	73.6 ± 7.06 a	50.2 ± 2.3 b
0.3	109 ± 6.32 a	76.6 ± 2.49 a	60.8 ± 1.95 a
0.6	110.22 ± 5.4 a	75.8 ± 3.85 a	66 ± 4.34 a
DMS	19.74	16.4	10.3
CV, %	10.99	12.9	10.35

Medias ± DE con letras distintas entre columnas, indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).

acuerdo a lo descrito por Harborne (1973), empleando un espectrofotómetro (Spectronic, Genesys™ serie 10uv. EU).

Análisis de resultados. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente empleando un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), utilizando el software SAS (SAS, 2002).

## Resultados y discusión

Absorción de agua por varas florales. La absorción de agua de las varas florales después de 48, 96 y 144 h de establecidas en florero, se muestra en el Cuadro 1.

El término de la vida en el florero para las flores cortadas es caracterizado por un marchitamiento asociado con un desequilibrio entre el desarrollo de la absorción de agua a través de los conductos del xilema en los tallos y el agua pérdida a través de los estomas y otras estructuras en hojas y otros órganos (Lü *et al.*, 2011). El Co es un elemento que ha mostrado efectos positivos en el consumo de agua de tallos florales. En nardo (*Polianthes tuberosa* L.), el tratamiento en florero con  $\text{CoCl}_2$  a una concentración de  $300 \text{ mg L}^{-1}$  (2.3 mM de Co), incrementó 9.3% el volumen de agua absorbida respecto a tallos que no fueron tratados con este elemento (Mohammad *et al.*, 2012). Así también en vara de oro de Canadá (*Solidago canadensis* L.) se reportó que el Co en concentración de 0.5 mM con sacarosa a 4% incrementaron significativa la absorción de agua (Patil y Reddy, 1997).

En *Rosa hybrida* cv. Samantha Mandujano-Piña *et al.* (2012) reportan un incremento de 39% en el consumo de agua de tallos florales de *Lilium* híbrido oriental 'Star Gazer' y 'Star Fighter', cuando éstos fueron tratados en florero por tres días con 0.1 mM de Co. En esta investigación se observó efecto positivo de Co en la absorción de agua, solo en el muestreo realizado después de 144 h de tratamiento (6 días). Las varas tratadas con 0.3 y 0.6 mM de Co absorbieron un volumen superior 21.11 y 31.48%, respectivamente, en comparación con el testigo. Si bien, en las evaluaciones realizadas después de 48 y 96 h, no existieron diferencias estadísticas en volúmenes absorbidos entre tratamientos, no obstante éstos siempre fueron mayores en varas tratadas con Co, independientemente de la concentración (Cuadro 1). El efecto positivo del Co en la absorción de agua obedece a que este elemento disminuye el bloqueo vascular mediante la supresión del desarrollo microbiano (Patil y Reddy, 1997).

The term of the vase life for cut flowers is characterized by wilting associated with an imbalance between the development of water uptake through the xylem conduits in stems and water loss through the stomates and other structures in leaves and other organs (Lü *et al.*, 2011). Co is an element that has shown positive effects on water consumption of floral stems. In tuberose (*Polianthes tuberosa* L.), treatment in vase with  $\text{CoCl}_2$  at a concentration of  $300 \text{ mg L}^{-1}$  (2.3 mM Co), 9.3% increased the volume of water absorbed relative to stems that were not treated with this item (Mohammad *et al.*, 2012). So, in Canada goldenrod (*Solidago canadensis* L.) was reported in the Co concentration of 0.5 mM to 4% sucrose significantly increased water absorption (Reddy and Patil, 1997).

In *Rosa hybrida* cv. Samantha, Mandujano-Piña *et al.* (2012) reported 39% increase in water consumption of flowering stems of *Lilium* oriental hybrid 'Star Gazer' y 'Star Fighter', when they were treated in vase for three days with 0.1 mM Co. This research observed positive effect of Co on the water uptake, the sampling performed only after 144 h of treatment (6 days). The rods treated with 0.3 and 0.6 mM Co absorbed a higher volume 21.11 and 31.48%, respectively, compared with the control. While in the assessments made after 48 and 96 h, there were no statistical differences in absorbed volumes between treatments, however these were always higher in Co-treated rods, regardless of the concentration (Table 1). The positive effect of Co in water absorption due to this element decreases the vascular blockade by suppressing microbial growth (Patil and Reddy, 1997).

Percentage weight loss of flower rods. After 48 h of treatment, weight loss was 2.56, 1.86 and 1.64% in the control treatments, 0.3 and 0.6 mM of Co, respectively; however, there was no statistical difference. In the second evaluation (96 h) dtatistical differences between treatments were presented; and conclude that the higher weight loss (8.2%) occurred in rods treated with the highest concentration of Co; however, this treatment was not statistically different from the control. however, the lowest percentage of weight loss (5.28%) was observed in treatment with rods the lower dose of Co; but equally, this was not statistically different to the control (Figure 1).

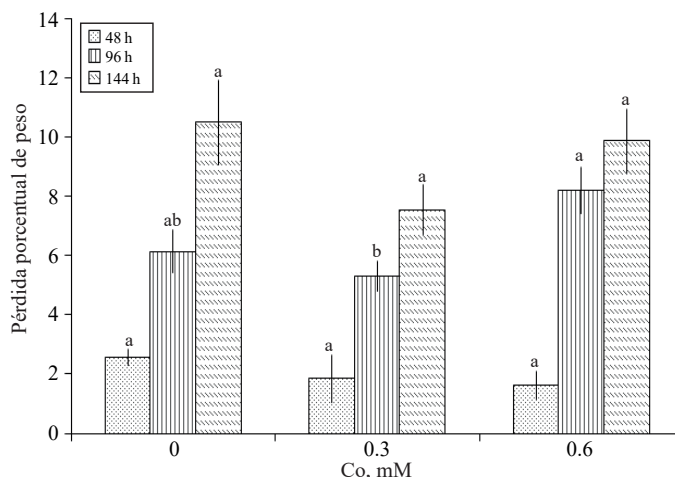
In rose (*Rosa hybrida*) cv. Samantha, it was found that Co besides inhibiting the vascular blockage stems causes a partial closure of stomata, thus reducing the ratio of water loss/water absorption and maintains a high water potential on cut rose. This results in maintaining high fresh weights leading to an increased vase life (Reddy, 1988).

Pérdida porcentual de peso de varas florales. Después de 48 h de tratamiento, la pérdida de peso de varas florales fue de 2.56, 1.86 y 1.64% en los tratamientos testigo, 0.3 y 0.6 mM de Co, respectivamente, no obstante, no hubo diferencia estadística entre ellos. En la segunda evaluación (96 h) se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos; evidenciándose que la mayor pérdida en peso (8.2%) se presentó en varas tratadas con la concentración más alta de Co; no obstante, este tratamiento no fue estadísticamente diferente al testigo. Por el contrario, el menor porcentaje pérdida de peso (5.28%) se registró en varas del tratamiento con la dosis menor de Co; pero de igual manera, éste no fue diferente estadísticamente al testigo (Figura 1).

En rosa (*Rosa hybrida*) cv. Samantha, se encontró que el Co, además de inhibir el bloqueo vascular en tallos, ocasiona un cierre parcial de estomas, por tanto reduce la relación pérdida de agua/absorción de agua y mantiene un alto potencial de agua en la rosa cortada. Lo anterior resulta en el mantenimiento de altos pesos en fresco que conducen a un incremento en la vida de florero (Reddy, 1988).

En esta investigación, es evidente que con la concentración baja de Co adicionada, se tuvieron en los tres muestreos realizados los menores porcentajes de pérdida de peso en las varas florales. En el testigo, después de 144 h se registró la mayor pérdida en peso, 10.5% del peso inicial. Moraes *et al.* (1999) reportan que pérdidas en peso fresco de tallos florales entre 10 y 15% pueden causar muerte tisular.

Cinética de apertura floral. Dos días después del establecimiento de las varas en florero, se observaron flores en tres estados de apertura, no registrándose diferencias estadísticas entre los tratamientos (Figura 2A). La fase de apertura A4 (apertura floral a 100%) se observó después de tres días de tratamiento, en 1.25% de las flores de varas correspondientes al testigo, sin ser este porcentaje significativo; asimismo, en las fases A1, A2 y A3 no fueron estadísticamente diferentes entre tratamientos (Figura 2B). En el muestreo realizado cinco días después del establecimiento de la investigación, se registraron diferencias estadísticas entre tratamientos en flores en estado de apertura A1 (inicio de pigmentación en botones apretados), siendo mayor el porcentaje en inflorescencias del testigo; en consecuencia, en las tres fases cronológicamente posteriores (A2, A3 y A4), el testigo tuvo un menor porcentaje de inflorescencias pero no fueron estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos. En este muestreo, tuvo lugar el inicio de la senescencia floral (S), no siendo diferente estadísticamente entre tratamientos,



**Figura 1. Pérdida porcentual de peso de varas florales de gladiola tratadas con distintas concentraciones de cobalto.** Medias  $\pm$  DE con letras distintas en cada medición indican diferencias significativas (Tukey,  $p < 0.05$ ) entre tratamientos.

**Figure 1. Percentage weight loss of gladiolus floral stem treated with different concentrations of cobalt.** Mean  $\pm$  SD with different letters at each measurement indicate significant differences (Tukey,  $p < 0.05$ ) between treatments.

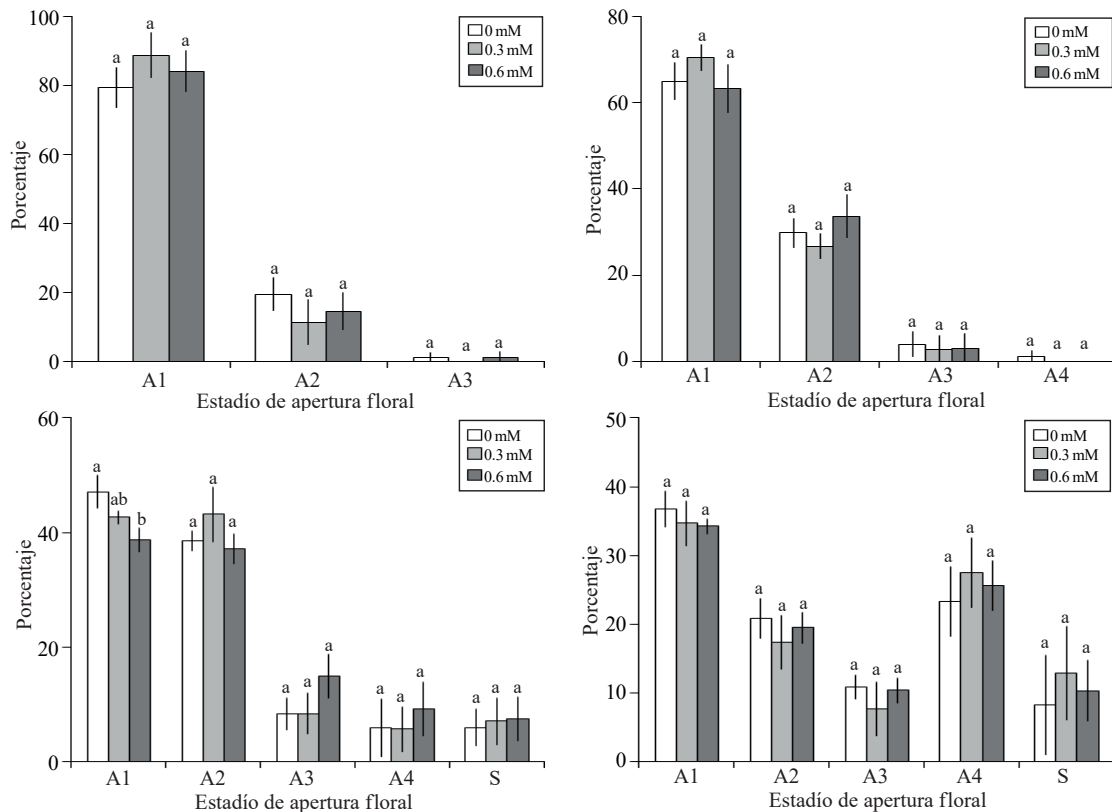
In this research, it is clear that the low concentration of Co added were taken in the three samplings, the lowest percentages of weight loss in floral stem. In the control, after 144 h the higher loss weight recorded was by 10.5% of initial weight. Moraes *et al.* (1999) reported that losses in fresh weight of flowering stems between 10 and 15% can cause tissue death.

Kinetics anthesis. Two days after the establishment of the rods in vase, the flowers were observed in three states of openness, recording no statistical differences between treatments (Figure 2A). The opening phase A4 (flower opening to 100%) is after three days of treatment observed in 1.25% of the flowers for the control rods, without this significant percentage; the area A1, A2 and A3 phases were not statistically different between treatments (Figure 2B). In sampling conducted five days after the establishment of the research, statistical differences between treatments flowers were recorded in open state A1 (start of pigmentation in tight buttons), with a higher percentage of the control inflorescences; consequently, the three chronologically later stages (A2, A3 and A4), the control had a lower percentage of inflorescences but were not statistically different from other treatments. In this sampling took place initiated floral senescence (S), not being statistically different between treatments, with rates of 5.95, 7.09 and 7.43% in the control treatments, 0.3 and 0.6 mM of Co, respectively (Figure 2C). After 7 days in vase, no statistical differences between

con porcentajes de 5.95, 7.09 y 7.43% en los tratamientos testigo, 0.3 y 0.6 mM de Co, respectivamente (Figura 2C). Después de 7 días en florero, no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos en los estadios de apertura floral y senescencia, destacando que en los tratamiento con Co, el porcentaje de flores por inflorescencia que mostraron senescencia fue superior a 10%, mientras que en el testigo 8.21% (Figura 2D).

treatments in the stages of flower opening and senescence, noting that the treatment with Co, the percentage of flowers per inflorescence showed senescence was higher than 10%, while in the control 8.21% (Figure 2D).

In previous studies in gladiolus cv. Friendship, it was reported that treatment with  $\text{CoCl}_2$  had a positive effect on longevity and bud opening (Murali and Reddy, 1993);



**Figura 2. Porcentaje de apertura floral a los 2, 3, 5 y 7 días (A, B, C y D respectivamente), en varas florales de gladiola tratadas con distintas concentraciones de cobalto. A1= botón cerrado en el cual se advierte inicio de pigmentación; A2= botón con apertura inicial; A3= botón con apertura del 50%; A4= botón con apertura del 100%; y S= senescencia incipiente indicada por inicio de marchitez en márgenes de los pétalos. Medias  $\pm$  DE con letras distintas en cada medición indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos.**

**Figure 2. Percentage of flower opening at 2, 3, 5 and 7 days (A, B, C and D respectively), gladiolus flowers treated rods with different concentrations of cobalt. A1= closed button in which we see starting pigmentation; A2= button with initial opening; A3= button with opening of 50%; A4= 100% button opening; and S= incipient onset senescence indicated by wilting petals margins. Mean  $\pm$  SD with different letters at each measurement indicate significant differences (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) between treatments.**

En estudios previos en gladiola cv. Friendship, se reportó que el tratamiento con  $\text{CoCl}_2$ , tuvo un efecto positivo en la longevidad y apertura de las flores (Murali y Reddy, 1993); no obstante, los autores no consideran el efecto que pudo tener el transporte de la sacarosa adicionada, además del Co, dado que ha sido mostrado que este elemento incrementa la absorción de agua, en este caso, en consecuencia la absorción de sacarosa.

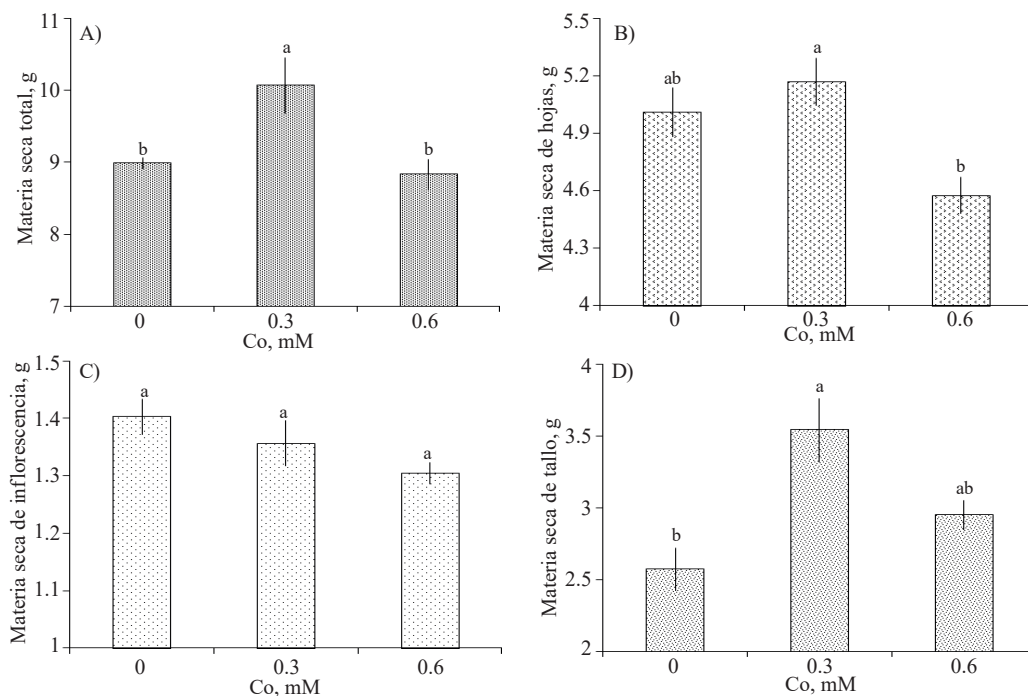
however, the authors do not consider the effect that could be the transport of sucrose added, the Co addition, since it has been shown that this element increases the absorption of water, in this case, consequently the absorption of sucrose.

Partition of dry in floral rods. After 7 days in vase, the weight of total dry matter (Figure 3A) was statistically higher in rods treated with 0.3 mM of Co; rods between

Partición de biomasa seca en varas florales. Después de 7 días en florero, el peso de materia seca total (Figura 3A) fue estadísticamente superior en varas tratadas con 0.3 mM de Co; entre varas del tratamiento testigo y las tratadas con 0.6 mM de Co no hubo diferencia estadística. En lo que respecta a peso de materia seca de hojas por cada vara, la media más alta se registró en el tratamiento 0.3 mM, superando 3.15% al peso de hojas registrado en varas del testigo, siendo este incremento estadísticamente no diferente al testigo (Figura 3B). El peso de materia seca de las inflorescencias no fue estadísticamente diferente entre tratamientos (Figura 3C). El tratamiento con Co, particularmente a una concentración de 0.3 mM, ocasionó un incremento significativo del peso de materia seca de tallo (Figura 3D).

the control treatment and those treated with 0.6 mM of Co had no statistical difference. With respect to weight of dry matter of leaves per rod, the highest average was recorded in the 0.3 mM treatment, exceeding 3.15% weight of leaves recorded in rods of the control, and this increase statistically not different to the control (Figure 3B). The dry matter weight of inflorescences was not statistically different between the treatments (Figure 3C). Treatments with Co, particularly at a concentration of 0.3 mM resulted in a significant increase in dry matter of the stem (Figure 3D).

The positive effect of Co on the weight of the dry biomass of cut flowers has been reported in other species as well. In carnation (*Dianthus caryophyllus* L.), Co concentrations



**Figura 3. Biomasa seca total por vara floral y por órgano (hoja, inflorescencia y tallo) de gladiola tratada durante diez días en florero con distintas concentraciones de cobalto.** Medias  $\pm$  DE con letras distintas en cada subfigura indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos.

**Figure 3. Total dry biomass by flower stem and organ (leaf, stem and inflorescence) of gladiola treated for ten days in vase with different concentrations of cobalt.** Mean  $\pm$  SD with different letters in each sub-figure indicate significant differences (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) between treatments.

El efecto positivo del Co en el peso de la biomasa seca de flores de corte ha sido reportado en otras especies. En clavel (*Dianthus caryophyllus* L.), concentraciones de Co de 75 y 100 mg L<sup>-1</sup> en poscosecha (1.27 y 1.7 mM de Co, respectivamente), no afectaron la biomasa seca de los tallos; mientras que 50 mg L<sup>-1</sup> de este elemento (0.85 mM), redujeron significativamente el peso de los tallos florales, en comparación con el tratamiento con ausencia de Co (Jamali y Rahemi, 2011). Asimismo, Noghani *et al.* (2012), reportan que

of 75 and 100 mg L<sup>-1</sup> in post-harvest (1.27 and 1.7 mM of Co, respectively) did not affect the dry biomass of the stems; while 50 mg L<sup>-1</sup> of this (0.85 mM) element significantly reduced the weight of the flower stems, compared with the absence of treatment with Co (Jamali and Rahemi, 2011). Also Noghani *et al.* (2012) reported that, the treatment with 6.13 mM of Co (800 mg L<sup>-1</sup> CoCl<sub>2</sub>) and 0.2% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>, significantly increased the dry biomass of floral stem of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.).



el tratamiento con 6.13 mM de Co (800 mg L<sup>-1</sup> de CoCl<sub>2</sub>) y 0.2% de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, incrementaron significativamente la biomasa seca de varas florales de nardo (*Polygonatum tuberosum* L.).

Es importante notar que los tratamientos evaluados no afectaron el peso en seco de las inflorescencias, no obstante, se advierte una relación negativa entre éste y la concentración de Co. Esta tendencia ha sido reportada en flores de corte tratadas con otros metales; tal es el caso de tallos de rosa cv. Black Magic, que al ser tratados con Al, Cu y Ag presentaron menor peso seco de pétalos que el testigo, no obstante estas reducciones no fueron significativas (Hajizadeh *et al.*, 2012).

También es destacable, la relación inversa entre biomasa seca de pétalos (Figura 3) y el porcentaje de flores senescentes después de 7 días en florero (Figura 2D); es decir, la menor biomasa seca de pétalos se asocia con un mayor porcentaje de flores senescentes, debido a que los pétalos son marchitados visiblemente cuando las células epidermales pierden turgor (Van Doorn, 2001).

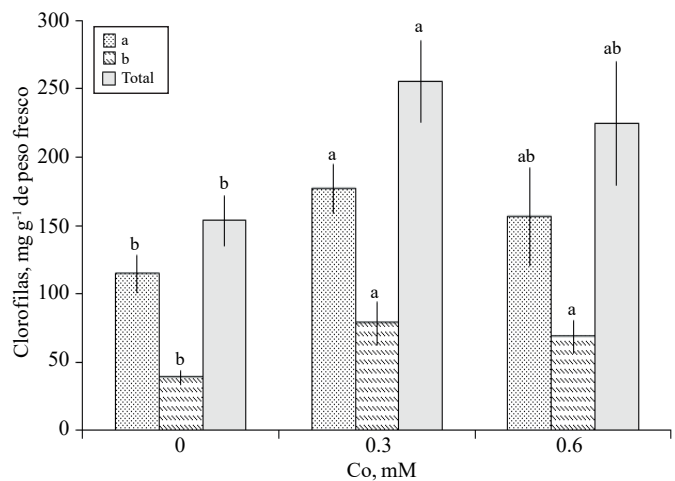
**Concentración foliar de clorofilas.** La Figura 4 muestra los resultados de concentración de clorofilas en hojas de varas florales de gladiola tratadas con los diferentes niveles de Co. La concentración de clorofila b fue estadísticamente superior en hojas de varas tratadas con Co, independientemente de la concentración de éste. Las concentraciones de clorofilas a y total, son superiores con el tratamiento con 0.3 mM sin presentar éstas diferencia estadística con el tratamiento consistente en 0.6 mM de Co; mientras que, sí superior estadísticamente al testigo (Figura 4).

El síntoma visible de la senescencia foliar es la pérdida del color verde, causado por la degradación de clorofila; en particular en flores de corte la senescencia es un proceso estrechamente relacionado a una reducción considerable de la energía necesaria para reacciones de síntesis (Faraji *et al.*, 2011). En esta investigación los resultados permiten afirmar que el Co, es un elemento que retrasó este proceso, especialmente en la dosis más baja (Figura 4). En tallos florales de *Lilium* “Star Gazer” y “Star Fighter”, han sido reportados también efectos positivos en la degradación de la clorofila durante la vida de florero después de 13 días, donde la adición de Co en concentraciones de 0.2 y 0.8 mM presentó valores de lecturas SPAD significativamente mayores a aquellas registradas sin el suministro de Co (Mandujano-Piña *et al.*, 2012).

The evaluated treatments did not affect the dry weight of inflorescences; however, a negative relationship between it and the concentration of Co is seen. This trend has been reported in cut flowers treated with other metals are seen; such is the case of rose stems cv. Black Magic, which when treated with Al, Cu and Ag had lower petal dry weight than the control; however, these reductions were not significant at all (Hajizadeh *et al.*, 2012).

It is also noteworthy the inverse relationship between petals dry biomass (Figure 3) and the percentage of senescent flowers after 7 days in vase (Figure 2D); that is, the lower petals dry biomass is associated with a higher percentage of senescing flowers, because the petals are visibly wilted when epidermal cells lose turgor (Van Doorn, 2001).

**Chlorophyll leaf concentration.** Figure 4 shows the results of concentration of chlorophyll in leaves of gladiolus cut flower treated with different levels of Co. Chlorophyll b was statistically higher in leaves treated rods Co, regardless of the concentration thereof. The concentrations of chlorophyll a and all are superior to treatment with 0.3 mM without presenting statistical difference with this treatment consisting of 0.6 mM Co; while, statistically superior to the control (Figure 4).



**Figura 4. Concentración foliar de clorofilas a, b y totales en varas de gladiola tratadas durante 10 días en florero con distintas concentraciones de cobalto.** Medias ± DE con letras distintas en cada variable indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos.

**Figure 4. Foliar concentration of chlorophyll a, b and total in gladiolus rods treated for 10 days in a vase with different concentrations of cobalt.** Mean ± SD with different letters in each variable indicate significant differences (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) between treatments.

Otros metales como el Al, adicionado a partir de  $Al_2(SO_4)_3$  en rosa cv. "Cherry Brandy" a una concentración de  $100\text{ mg L}^{-1}$ , resultó en un mayor valor de lecturas SPAD, en comparación con el testigo; concluyéndose que este efecto positivo del Al en la clorofila es debido a la mejora de las relaciones hídricas en los tallos florales (Jowkar *et al.*, 2012); resultados coincidentes con los aquí presentados del consumo de agua y de la materia seca en las Figuras 1 y 3, respectivamente.

Concentración y contenido de N. La concentración de N en hojas, flores e inflorescencias que constituyen las varas florales de gladiola, no fue estadísticamente diferente entre tratamientos, observándose el siguiente orden de concentración por órgano: inflorescencia > hojas > tallos (Cuadro 2).

**Cuadro 2 Concentración de nitrógeno por órgano de tallos florales de gladiola tratados en florero por diez días con diferentes concentraciones de cobalto.**

**Table 2. Concentration of nitrogen per organ of gladiola flower stems in vase treated for ten days with different concentrations of cobalt.**

Cobalto, mM	Hojas	Inflorescencia	Tallo
0	25.44 ± 0.99 a	30.45 ± 0.23 a	14.96 ± 0.1 a
0.3	23.06 ± 0.54 a	30.15 ± 0.91 a	15.14 ± 1.31 a
0.6	23.59 ± 0.38 a	31.69 ± 0.48 a	13.47 ± 0.36 a
DMS	2.72	2.39	3.11
CV, %	5.73	3.94	10.83

Medias ± DE con letras distintas entre columnas, indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05).

En *Gladiolus caryophyllaceus* en fase de madurez (210 días después de la brotación) las concentraciones de N en tallo y flores fueron 11.19 y 4.12  $\text{mg kg}^{-1}$  de materia seca, respectivamente (Hocking, 1993). Ambas concentraciones fueron menores a las encontradas en este estudio; particularmente en la inflorescencia. No obstante, es importante mencionar que la removilización de nutrientes en la senescencia es variable entre tallos florales cortados y aquellos tallos que permanecen en la planta (Jones, 2013).

Coincidiendo con esta investigación, el Co no tuvo efecto significativo en la concentración de N en tallos florales de dos cultivares de *Lilium* híbrido en poscosecha; por el contrario, la adición de este metal en dosis de 0.1, 0.2, 0.4 y 0.8 mM incrementaron significativamente la concentración de N en hojas (Mandujano-Piña *et al.*, 2012).

Los resultados muestran que no existió una relación entre la concentración foliar de N (Cuadro 2) y las concentraciones foliares de clorofilas (Figura 3). En gladiola cultivada,

The visible signs of leaf senescence is the loss of green color, caused by chlorophyll degradation; in particular, cut flowers senescence is closely related to the significant reduction of the energy necessary for synthesis reactions (Faraji *et al.*, 2011) process. In this research, the results confirm that, the Co is an element that delayed this process, especially in lower doses (Figure 4). In flowering stems of *Lilium* "Star Gazer" and "Star Fighter", have also been reported positive effects on chlorophyll degradation during vase life after 13 days, where the addition of Co at concentrations of 0.2 and 0.8 mM submitted SPAD readings values significantly higher than those recorded without providing Co (Mandujano-Piña *et al.*, 2012).

Other metals such as Al, added from  $Al_2(SO_4)_3$  in rose cv. "Cherry Brandy" at a concentration of  $100\text{ mg L}^{-1}$ , resulting in a higher value of SPAD readings compared with the control; concluded that this positive effect of Al in chlorophyll is due to improved water relations in the flower stems (Jowkar *et al.*, 2012.) matching results with those presented in the consumption of water and dry matter in Figures 1 and 3, respectively.

Concentration and N content. The concentration of N in leaves, flowers and inflorescences constituting floral stem of gladiola was not statistically different between treatments observed the following order of concentration for organ: inflorescence > leaves > stems (Table 2).

In *Gladiolus caryophyllaceus* during maturing (210 days after sprouting) N concentrations in stems and flowers were 11.19 and 4.12  $\text{mg kg}^{-1}$  of dry matter, respectively (Hocking, 1993). Both concentrations were lower than those found in this study; particularly in the inflorescence.

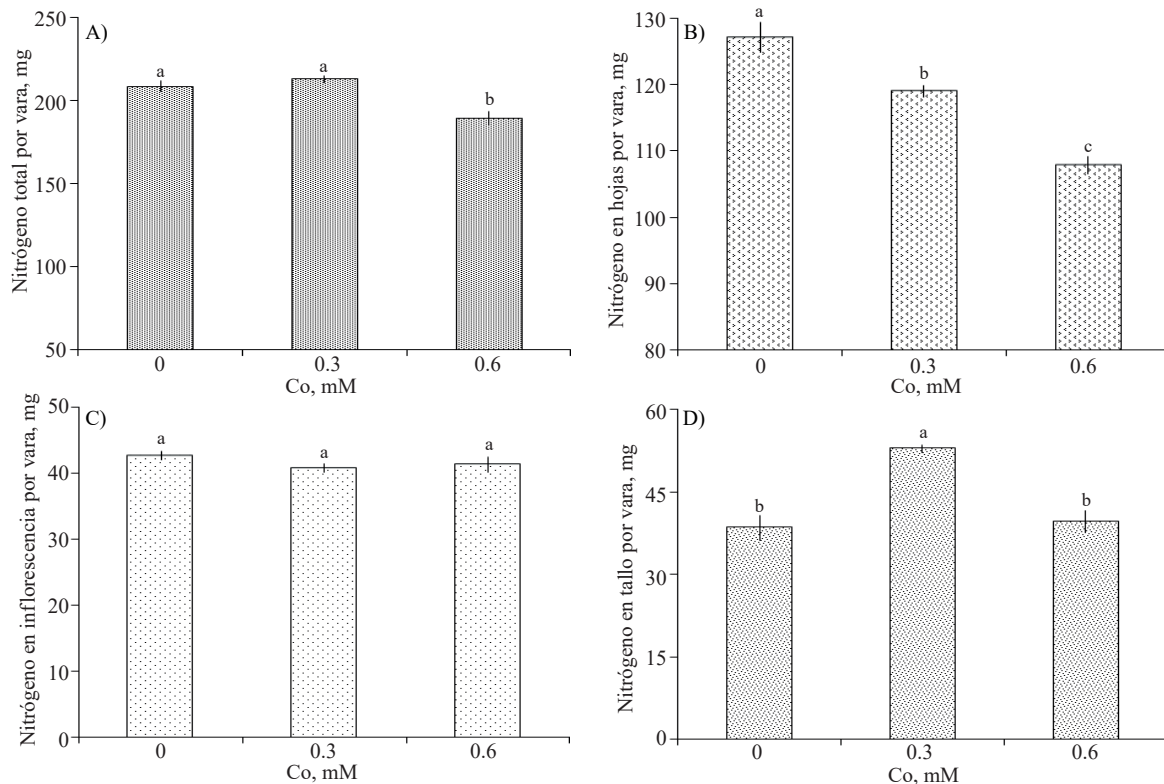
de manera general se ha encontrado una relación positiva entre el nitrógeno y las clorofilas, dado que el primero es un componente estructural de las segundas; por ejemplo, en cultivo en maceta de *Gladiolus hybrida* cv. Sancerre, se observó una relación positiva y altamente significativa entre la dosis de fertilización nitrogenada y la concentración foliar de clorofilas (Sewedan *et al.*, 2012).

El contenido total de N en varas florales mostró una reducción significativa con el tratamiento consistente en 0.6 mM (Figura 5A). Asimismo, el contenido foliar de N fue reducido en forma significativa cuando las varas fueron tratadas con Co; observándose una relación negativa entre éste y la concentración de Co suministrada (Figura 5B). El contenido de N en inflorescencias no fue diferente estadísticamente entre tratamientos (Figura 5C). La cantidad de N en tallos, fue estadísticamente superior cuando las varas florales fueron tratadas con 0.3 mM de Co (Figura 5D).

However, it is important to mention that the remobilization of nutrients in senescence is variable among those cut flower stems and stalks that remain on the plant (Jones, 2013).

Coinciding with this investigation, Co had no significant effect on the concentration of N in flower stems of two cultivars of *Lilium* hybrid post-harvest; on the contrary, the addition of this metal in doses of 0.1, 0.2, 0.4 and 0.8 mM concentrations significantly increased N in leaves (Mandujano-Pineapple *et al.*, 2012).

The results show that there is no relationship between leaf N concentration (Table 2) and leaf chlorophyll concentrations (Figure 3). In gladiola cultivated generally found a positive relationship between nitrogen and chlorophyll, since the former is a structural component of the latter; e.g. *Gladiolus hybrida* cv. Sancerre, a positive



**Figura 5. Contenido de nitrógeno total y por órgano de varas de gladiola tratadas durante diez días en florero con distintas concentraciones de cobalto.** Medias  $\pm$  DE con letras distintas en cada subfigura indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos.

**Figure 5. Content of total nitrogen and by organ of rods of gladiola treated for ten days in vase with different concentrations of cobalt.** Mean  $\pm$  SD with different letters in each sub-figure indicate significant differences (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) between treatments.

Se ha reportado en *Gladiolus grandiflorus*, que el déficit de agua ocasiona retraso en la translocación de fotoasimilados desde las hojas fuente hacia órganos de demanda (Robinson, 1983). Considerando lo anterior, los resultados obtenidos permiten afirmar que si bien el Co no tuvo influencia en el contenido total de N de varas florales; este elemento sí afecta la partición del N debido su efecto positivo en el estatus hídrico, favoreciendo su translocación desde las hojas hacia tallos (Figura 5); esta afirmación soportada por el incremento significativo en la biomasa seca de tallas (Figura 3).

## Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir que el Co tiene efectos positivos en parámetros poscosecha de gladiola; en particular aquellos relacionados con el estatus hídrico de la vara floral: menor pérdida de peso en fresco, peso de materia seca y partición de N. Así también, el Co retrasa la degradación de pigmentos fotosintéticos.

## Agradecimientos

Los autores(as) agradecen a la Línea Prioritaria de Investigación 4 Agronegocios, Agroecoturismo y Arquitectura del Paisaje, por el apoyo brindado para el desarrollo del trabajo; y al Programa Interinstitucional para el Fortalecimiento de la Investigación y el Posgrado del Pacífico, por el apoyo otorgado a VGP y FACG para la realización de la estancia de investigación en el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

## Literatura citada

- Boureto, A. E.; Castro, M.C. and Kagawa, J. N. 2001. Effect of cobalt on sugar beet growth and mineral content. *Rev. Brasileira Sementes*. 18:63-68.
- Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. *In: methods of soil analysis*. Part 2. Agronomy 9. Black, C. A. (Ed.). Am. Soc. Agron. Madison, WI, USA. 1149-1178 pp.
- Ezhilmathi, K.; Singh, V. P.; Arora, A. and Sairam, R. K. 2007. Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase life of gladiolus cut flowers. *Plant Growth Regul.* 51:99-108.
- Faraji, S.; Naderi, R.; Ibadli, O. V.; Basaki, T.; Gasimov, S. N. and Hosseinova, S. 2011. Effects of postharvesting on biochemical changes in *Gladiolus* cut flowers cultivars [*White prosperity*]. *Middle-East. J. Sci. Res.* 9(5):572-577.
- Gad, N. 2005. Interactive effect of cobalt and salinity on tomato plants I- growth and mineral composition as affected by cobalt and salinity. *Res. J. Agric. Biol. Sci. Pakistan.* 1(3):261-269.
- Gladiolus hybrida* cv. Sancerre Production. *J. Hortic. Sci. Ornamental Plants* 4(3):267-274.
- Gladiolus* sp. Flowers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(5):1014-1019.
- Hajizadeh, H. S.; Farokhzad, A. and Chelan, V. G. 2012. Using of preservative solutions to improve postharvest life of Rosa hybrid cv. Black magic. *J. Agric. Technol.* 8(5):1801-1810.
- Harborne, J. B. 1973. Chlorophyll extraction. *In: Harbone, J. B. (Ed.). Phytochemical methods. recommended technique.* Chapman and Hall. London. 278 p.
- Hatamzadeh, A.; Hatami, M. and Ghasemzadeh, M. 2012. Efficiency of salicylic acid delay petal senescence and extended quality of cut spikes of *Gladiolus grandiflorus* cv 'wing's sensation'. *Afr. J. Agric. Res.* 7(4):540-545.
- and highly significant relationship between the dose of nitrogen fertilization and foliar chlorophyll concentration was observed (Sewedan *et al.*, 2012).
- The total N content in floral stem showed a significant reduction with treatment consisting of 0.6 Mm (Figure 5A). Also, leaf N content was significantly reduced when the rods were treated with Co; observing a negative relationship between it and the Co concentration supplied (Figure 5B). The N content in inflorescences was not statistically different between treatments (Figure 5C). The amount of N in stems, was statistically superior when floral stem were treated with 0.3 mM of Co (Figure 5D).
- It has been reported in *Gladiolus grandiflorus* that water deficit causes delay in the translocation of photo-assimilates from source leaves to sink organs (Robinson, 1983). Considering this, the results confirm that while Co had no influence on the total N content of floral stem; this element does affect the partition of N because its positive effect on water status, promoting their translocation from leaves to stems (Figure 5); this statement supported by the significant increase in dry biomass (Figure 3).

## Conclusions

The results indicate that, the Co has positive effects on gladiola post-harvest parameters; particularly those related to the water status of cut flowers: minor loss of fresh weight, dry matter weight and, partitioning of N. In addition, the Co retards the degradation of photosynthetic pigments.

*End of the English version*



- Hocking, P.J. 1993. Seasonal dynamics of the accumulation, distribution and redistribution of dry matter and mineral nutrients in a weedy species of gladiolus (*Gladiolus caryophyllaceus*). *Ann. Bot.* 71:495-509.
- Jaleel, C. A.; Jayakumar, K.; Chang-Xing, Z. and Iqbal, M. 2009. Low concentration of cobalt increases growth, biochemical constituents, mineral status and yield in *Zea Mays*. *J. Sci. Res.* 1(1):128-137.
- Jamali, B. and Rahemi, M. 2011. Carnation flowers senescence as influenced by nickel, cobalt and silicon. *J. Biol. Environ. Sci.* 5(15):147-152.
- Jones, M. L. 2013. Mineral nutrient remobilization during corolla senescence in ethylene-sensitive and -insensitive flowers. *AoB Plants* 5: plt023; doi:10.1093/aobpla/plt023.
- Jowkar, M. M.; Kafi, M.; Khalighi, A. and Hasanzadeh, N. 2012. Evaluation of aluminum sulfate as vase solution biocide on postharvest microbial and physiological properties of 'Cherry Brandy' rose. *Ann. Biol. Res.* 3(2):1132-1144.
- Karnataka, J. 1997. Effect of cobalt sulphate and sucrose on post harvest physiology of golden rod (*Solidago canadensis* L.) *Cut Flower. Agric. Sci.* 10(2):591-594.
- Li, C. Z.; Wang, D. and Wang, G. X. 2005. The protective effects of cobalt on potato seedling leaves during osmotic stress. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 46:119-125.
- Lü, P.; Huang, X.; Li, H.; Liu, J.; He, S.; Joyce, D. C. and Zhang, Z. 2011. Continuous automatic measurement of water uptake and water loss of cut flower stems. *Hortscience.* 46(3):509-512.
- Mandujano-Piña, M.; Colinas-León, M.T.; Castillo-González, A. M.; Alía-Tejagal, I.; Valdez-Aguilar, L. A. 2012. Cobalto como retardante de la senescencia de liliun híbrido oriental en poscosecha. *Rev. Chapingo Hortic.* 18(2):239-252.
- Mohammadi, M.; Hashemabadi, D. and Kaviani, B. 2012. Effect of cobalt chloride on vase life and postharvest quality of cut tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). *Eur. J. Exp. Biol.* 2(6):2130-2133.
- Moraes, P. J.; Cecon, P. R.; Finger, F. L.; Barbosa, J. G. and Alvares, V. S. 1999. Efeito da refrigeração e do condicionamento em sacarose sobre a longevidade de inflorescências de *Strelitzia reginae* Ait. *Rev. Brasileira de Horticultura Ornamental* 5:151-156.
- Murali, T. P. and Reddy, T. V. 1993. Postharvest life of gladiolus as influenced by sucrose and metal salts. *Acta Hort.* 343: 313-320.
- Noghani, M.; Asgharzadeh, A.; Dadar, A. and Shakouri, M. J. 2012. Evaluation the permanence of flower of polianthes tuberose L. with using different preservative solutions. *Ann. Biol. Res.* 3(3):1510-1514.
- Palit, S.; Sharma, A. and Talukder, G. 1994. Effect of cobalt in plants. *Bot. Rev.* 60: 149-181.
- Reddy, T.V. 1988. Mode of action of cobalt extending the vase life of cut roses. *Sci. Hortic.* 36:303-314.
- Robinson, M. 1983. Influence of abscisic acid and ethylene on assimilate distribution in *Gladiolus grandiflorus*. *Ann. Bot.* 51:779-785.
- Rodrigues, D. T.; Novais, R. F.; Alvarez V. V. H.; Moreira-Dias, J. M. and Albuquerque-Villani, E. M. 2010. Orchid growth and nutrition in response to mineral and organic fertilizers. *Ver. Brasileira de Ciência do Solo.* 34(5):1609-1616.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2006. SAS user's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- Serek, M.; Jones, R.B. and Reid, M.S. 1994. Role of Ethylene in Opening and Senescence of *Gladiolus* sp. Flowers. *Journal of American Society for Horticultural Science* 119(5):1014-1019.
- Sewedan, E.; El-Naggar, H. and Osman, A. 2012. Effect of Nitrogen and Diphenylamine on *Gladiolus hybrida* cv. Sancerre Production. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants* 4(3):267-274.
- Van Doorn, W. G. 2001. Categories of petal senescence and abscission: a re-evaluation. *Ann. Bot.* 87:447-456.
- Wang, Y. T. 1996. Effects of six fertilizers on vegetative growth and flowering of *Phalaenopsis* orchids. *Scientia Horticulturae.* 65:191-197.
- Wang, Y. T. and Konow, E. A. 2002. Fertilizer source and medium composition affect vegetative growth and mineral nutrition of a hybrid moth orchid. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127(3):442-447.
- Witte, C. P.; Tiller, S. A.; Taylor, M. A. and Davies, H. V. 2002. Addition of nickel to Murashige and Skoog medium in plant tissue culture activates urease and may reduce metabolic stress. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 68:103-104.