

DESEMPEÑO ESTACIONAL DEL ROSAL EN LA GENERACIÓN DE BROTES BASALES CON REGULADORES DE CRECIMIENTO

SEASONAL PERFORMANCE OF ROSEBUSH IN THE GENERATION OF BASAL SHOOTS WITH GROWTH REGULATORS

Janet Gómora-Rasso¹, Jaime Mejía-Carranza^{1*}, Rafael Alvarado-Navarro¹, Marithza G. Ramírez-Gerardo² y José F. Ramírez-Dávila³

¹Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), Centro Universitario Tenancingo, Tenancingo, Estado de México, México. ²Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, Ingeniería en Industrias Alimentarias, Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, México. ³UAEMex, Facultad de Ciencias Agrícolas, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia (jmejiac@uaemex.mx)

RESUMEN

El cultivo de rosa de corte (*Rosa spp.*) en México destaca entre las actividades que más recursos económicos crea en el sector florícola. En la producción comercial de rosa, la generación de brotes basales por planta (BPP) de tipo productivo, que dan origen a tallos florales, se ve limitada por factores fisiológicos y ambientales, que aumentan BPP inferiores cortos denominados 'ciegos'. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes reguladores de crecimiento y un suplemento nutricional en el número y calidad de brotes basales de rosa durante las cuatro estaciones del año. El experimento se estableció en invernadero con 696 plantas de rosa cultivar Samourai bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas. Se aplicaron arriba del punto de injerto cinco tratamientos a base de citocininas (C), giberelinas (G), auxinas (A), complejo C + G + A (CGA), nitrógeno-calcio (NCa) y un testigo (T). Se contabilizaron las plantas con brotes basales (PCB) y BPP totales, productivos y ciegos y se analizaron mediante análisis de varianza, comparación de medias y correlaciones de Pearson. Hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en PCB y la comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) determinó que el tratamiento A de invierno promovió el mayor valor. La interacción estación x tratamiento fue altamente significativa ($P \leq 0.01$), destacando un incremento de 50 % en PCB promedio de A, C, G, CGA y NCa con respecto a T en invierno, comparado con las demás estaciones, cuyo valor fue próximo a cero. Hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en BPP productivos, ciegos y totales, con valores mayores de A en invierno para las tres categorías. En la proporción BPP productivos/BPP ciegos, CGA fue el mejor. Se concluye que CGA disminuye BPP ciegos y aumenta BPP productivos con influencia en un mayor número de tallos florales..

Palabras clave: Rosa sp. cv. Samourai, brotes basales ciegos, brotes basales productivos, reguladores de crecimiento.

SUMMARY

The cultivation of cut rose (*Rosa spp.*) in Mexico stands out as one of the flower sector activity that creates the most economic revenue. In commercial rose production, the generation of production-type basal shoots per plant (BSP), which produce flower stems, is limited by physiological and environmental factors. Such factors increase the number of short and inferior BSPs (called 'blinds'). This research aimed to evaluate the effect of various growth regulators and a nutritional supplement on the number and quality of rose basal shoots during the year's four seasons. A greenhouse held the experiment, which contained 696 Samourai cultivar rose plants under a randomized complete block design with a split-plot arrangement.

Five treatments based on cytokinins (C), gibberellins (G), auxins (A), C + G + A complex (CGA), nitrogen-calcium (NCa), and a control (T) were applied above the grafting point. Plants with basal shoots (PBS) and total, productive and blind BSP were counted and analyzed by analysis of variance, comparison of means (Tukey, $P \leq 0.05$) and Pearson correlations. Mean comparison determined significant differences ($P \leq 0.05$) in PBS and that Winter treatment A promoted the highest PBS number. Highly significant season \times treatment interaction ($P \leq 0.01$) highlights a 50 % increase in average PBS with A, C, G, CGA and NCa treatments compared to T in Winter, in relation to the other seasons (which values were close to zero). There were significant differences ($P \leq 0.05$) in productive, blind, and total BSP, with higher values in Winter A for the three categories. CGA was the best treatment in the productive BSP/ blind BSP ratio. It was concluded that CGA decreases blind BSP and increases productive BSP, producing a greater number of floral stems.

Index words: Rosa sp. cv. Samourai, blind basal shoots, growth regulators, productive basal shoots.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de rosa de corte (*Rosa spp.*) es uno de los más importantes en ingresos netos dentro de las especies ornamentales producidas en México (Ramírez y Avitia-Rodríguez, 2015), y en superficie cultivada ocupa el cuarto lugar después de gladiola (*Gladiolus × hybridus* C. Morren), crisantemo (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitam.) y clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) (SIAP, 2020). Los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo y Coatepec Harinas en el sur del Estado de México comprenden la superficie más importante para la producción de rosa (SIAP, 2020), con un sistema intensivo bajo invernadero que varía de acuerdo con el manejo agronómico, la economía y los recursos técnicos de cada finca. La obtención de tallos florales de rosa se sustenta en el manejo de la planta para la emisión de brotes basales, los cuales emergen entre los primeros cinco cm arriba del punto de injerto de toda variedad comercial, sobre portainjertos rústicos con cualidades de tolerancia a estreses bióticos y abióticos del suelo (Goldschmidt, 2014). Este tipo de brotes, según

la apreciación de técnicos y productores, no llegan en su totalidad (sólo 30 a 60 %) a constituir tallos para la producción de flor, ya que algunos identificados como brotes basales ciegos presentan muerte del botón floral durante la diferenciación de primordios (Yong, 2004), se arrostan y no superan los 10 cm de altura, por lo cual deben ser retirados. Contrariamente, los brotes basales productivos después de crecer se pinchan para dar estructura a la planta y con podas subsecuentes se programan los ciclos de producción de tallos florales (Medina-García *et al.*, 2019). En este sentido, la procuración de cuidados como limitación de daños mecánicos y deshierbes, así como una buena nutrición a la planta son clave para la producción de dichos brotes basales.

Diferentes factores como fotoperíodo, temperatura, concentración de hormonas, nutrición o la asociación de éstos, afectan la floración de las plantas (Ahumada-Cervantes *et al.*, 2018; Alcántara *et al.*, 2019; Velázquez *et al.*, 2015) y en rosa no es la excepción, por lo cual la emisión de brotes basales, de acuerdo con productores y técnicos, ocurre mayormente en invierno. El fotoperíodo y la temperatura son los más determinantes en la floración, ya que influyen en la disponibilidad de nutrientes y la síntesis de hormonas para la regulación del crecimiento y el desarrollo (Fernández y Johnston, 2006; Mendoza, 2020). El número de brotes basales productivos se incrementa cuando se limita la formación de los correspondientes ciegos, que son resultado de afectaciones en las concentraciones de citocininas, auxinas y giberelinas como consecuencia de desbalances en los contenidos de carbohidratos (bajos) y nitrógeno (alto) en condiciones de poca luminosidad y baja temperatura en el área de brotación (Ohkawa y Suematsu, 1999).

En la zona florícola del sur del Estado de México no existe un patrón establecido en el uso de reguladores de crecimiento por temporada que incremente la proporción de brotes basales productivos sobre los ciegos y que mejore la productividad de las fincas de la región. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes productos comerciales con reguladores de crecimiento y un suplemento nutricional en la emisión y calidad de brotes basales durante las cuatro estaciones del año.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

La investigación se realizó de abril de 2019 a septiembre de 2020 en un invernadero de tipo cenital con plástico lechoso al 20 % de sombra del Centro Universitario Tenancingo de la Universidad Autónoma del Estado de

México, que se localiza en Tenancingo, Estado de México a 18° 58' 00" N, 99° 36' 44" O, con altitud de 2063 msnm (Google Earth, <https://earth.google.com/>).

Material vegetal y diseño experimental

Se emplearon 696 plantas de rosa (*Rosa sp.*) cultivar Samourai injertadas en el patrón Natal Briar. Las plantas se establecieron en camas de 30 m de largo por 1 m de ancho, con pasillo de 0.6 m y densidad de plantación de 10 individuos por m lineal, se organizaron en un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas; en la parcela grande se evaluaron las estaciones del año y la parcela chica los tratamientos de productos comerciales. Se utilizaron cuatro repeticiones; la unidad experimental para la variable número de plantas con brotes fue un grupo de 29 plantas, mientras que para la variable número de brotes por planta fue una planta individual.

Tratamientos

Los tratamientos fueron cinco productos comerciales a base de reguladores de crecimiento y nutricional (Cuadro 1) aplicados vía foliar de acuerdo con las especificaciones en la etiqueta de cada producto. A cada tratamiento se agregó un surfactante a base de alcohol tridecílico etoxilado (99.5 %), alcohol decílico etoxilado (99.5 %) y Poli (dimetilpolisiloxano) (Inex-a®) a una concentración de 0.5 mL L⁻¹. Catorce días después de la poda se inició la aplicación de los tratamientos por aspersión en la región inmediata superior del punto de injerto (5 cm alrededor del tallo) de la parte basal de la planta. Las aplicaciones posteriores se efectuaron en el mismo lugar e intervalo de tiempo durante las cuatro estaciones del año evaluadas.

Manejo agronómico del cultivo

De abril a junio de 2019 se realizó el descabezado y el desyeme continuo en los tallos florales con la finalidad de eliminar la dominancia apical y acumular reservas para la emisión de brotes basales. Al inicio del mes siguiente se hizo poda de rejuvenecimiento a 40 cm de altura a partir del punto de injerto, así como eliminación de tallos dañados y de calibre igual o menor de 7 mm de diámetro.

El riego fue por goteo con conductividad eléctrica de 1.5 mS m⁻¹, pH de ~7.4 y frecuencia de acuerdo con las condiciones ambientales. La nutrición se suministró por fertirriego con la solución de Steiner (1984) al 80 % (K 5.6 mEq L⁻¹, Ca 7.2 mEq L⁻¹, Mg 3.2 mEq L⁻¹, NO₃ 9.6 mEq L⁻¹, SO₄ 5.6 mEq L⁻¹, H₂PO₄ 0.8 mEq L⁻¹, Fe 1.6 mg L⁻¹, Mn 0.56 mg L⁻¹, Zn 0.072 mg L⁻¹, B 0.4 mg L⁻¹, Cu 0.016 mg L⁻¹ y Mo 0.032 mg L⁻¹), suplementada con ácidos húmicos a 1.25

Cuadro 1. Productos comerciales y dosis en tratamientos asperjados a *Rosa sp. cv. Samourai*.

Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis (mL L ⁻¹)
Testigo (T)	Testigo en blanco	Sin dosis
CyStar® (C)	Citocininas: 6-benciladenina [N-fenilmetil]-1H-purina-6-amina 1.9 %	0.25
Biogib 10 PS® (G)	Ácido giberélico (GA ₃) 10 %, diluyentes y acondicionadores 90 %.	50 [†]
Rooter QF® (A)	Auxinas: ácido indolbutírico 0.30 %, ácido naftalenacético 0.60 %, nicotinamida 0.65 % y ácido fúlvico 3.00 %.	0.5
Agromil V® (CGA)	Extractos de origen vegetal 77.80 % (citocininas 81.90 ppm, giberelinas 31.00 ppm, auxinas 30.50 ppm, ácido fólico 0.92 ppb, ácido pantoténico 12.53 ppb, riboflavina 0.86 ppb, nicotinamida 0.16 ppb, colina 748.81 ppb, niacina 84.56 ppb, tiamina 100.11 ppb), diluyentes y acondicionadores 22.20 %.	1.0
Erger® (NCa)	Nitrógeno 12.02 % (N ureico 4.74 %, N nítrico 4.64 %, N amoniacial 2.65 %), calcio 3.73 %.	1.0

[†]mg L⁻¹

mL L⁻¹ (Granufos humic W90, Biotech, México). A partir de las temperaturas diarias registradas con higrótermógrafo (Extech Instruments®, Nashua, New Hampshire, EUA) se determinó el número de horas-frío, contabilizando aquellas horas con valores ≤ 7.2 °C durante el periodo de reposo invernal de las plantas (García *et al.*, 2011).

Variables evaluadas

Se hizo registro de datos cada dos semanas a partir de otoño de 2019 hasta verano de 2020. Se midió el número de plantas con brotes basales (PCB) y el número de brotes basales por planta (BPP). Los BPP se clasificaron en productivos y ciegos y se contabilizaron; los primeros son de tipo juvenil con brotes vigorosos y de meristemo apical identificable libre de algún daño, que confieren estructura a la planta para la producción de tallos florales. Los brotes basales ciegos son aquellos de tipo arrosetado, con meristemo apical no visible o abortado; estos brotes se eliminaron, pues no desarrollan más de 10 cm. En la etapa fenológica de "chícharo pequeño" (cuando el botón floral tiene un diámetro de 0.5 cm en promedio) se hizo la medición de longitud y diámetro del brote. Del tallo caulinar se midió la longitud con cinta métrica (Truper®, México) desde la base hasta el receptáculo del botón, y el diámetro en la parte media con un vernier digital (Truper®, México).

Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza para los datos de cada variable y donde hubo diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) o se graficaron las interacciones significativas. Se realizó análisis de correlación múltiple entre las variables evaluadas. Todos los datos se procesaron con el paquete estadístico InfoStat Versión 2016 (Di Rienzo *et al.*, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de plantas con brotes basales (PCB)

Hubo diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre estaciones en PCB y la comparación de medias (Tukey, $P = 0.05$) determinó que invierno (14.92) fue diferente de verano (0.83), primavera (2.92) y otoño (3.13), que se mantuvieron en un solo grupo. Entre tratamientos hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el número de plantas con brotes basales (PCB) y la comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) agrupó a los tratamientos en cinco grupos (Cuadro 2). El mayor grupo incluyó a los tratamientos de otoño, primavera y verano con valores que de 0.25 a 4.0 PCB. Los cuatro grupos restantes se formaron en la estación invernal con valores que fueron de 10.75 (T) a 20.25 (A), donde los tratamientos G, CGA y NCa se agruparon con valores intermedios de 14 a 16. El tratamiento C fue el de menor valor en invierno (13.25 PCB).

El incremento en PCB en las fincas comerciales de rosa, aun cuando ya es investigado desde mediados del siglo pasado (Asen y Hamner, 1953), sigue siendo un problema vigente porque a partir del cuarto año la planta disminuye la emisión de brotes basales y afecta la producción de tallos con flores (Yong, 2004). En esta investigación se observaron valores mayores de PCB en invierno, lo que puede ser resultado de factores ambientales y fisiológicos (Pallardy, 2008). En el caso de los primeros, destaca la influencia del fotoperiodo y la acumulación de horas frías para el estímulo de la brotación de basales (Faust *et al.*, 1997). Adicionalmente, también se reportan baja luminosidad y temperatura (Ohkawa y Suematsu, 1999; Yong, 2004) que pueden influir no sólo en PCB, sino también en BPP; estos factores pueden tener un efecto fisiológico consecuente en las concentraciones hormonales de la planta debido

a desbalances entre carbohidratos y nitrógeno. En el presente estudio se observó un incremento cercano al 50 % PCB en promedio de los tratamientos con respecto al testigo (Cuadro 2), lo que indicó una influencia positiva de los reguladores de crecimiento en dicha variable. Por otra parte, el tratamiento con citocininas, hormona asociada con estímulo de brotes basales mostró la media más cercana al testigo, lo cual pudiera estar relacionado con una baja efectividad biológica del biorregulador benciladenina empleado.

Número de brotes basales por planta (BPP)

Hubo diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre estaciones en BPP y la comparación de medias (Tukey, $P = 0.05$) indicó que invierno (17.75) fue diferente de verano (0.88), primavera (3.29) y otoño (3.46), que se ubicaron en un mismo grupo. En número total de brotes basales por planta (BPP) hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos durante las estaciones. La comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) ordenó a los tratamientos en cuatro grupos (Cuadro 2), el de mayor número incluyó a los correspondientes de otoño, primavera y verano, con valor de 1.0 a 4.75 BPP. En invierno se formaron tres grupos, uno incluyó a T y C con valor de 15.0, otro grupo incluyó a G, CGA y NCa con valores de 16.25 a 18.0. El tratamiento A estuvo en un solo grupo con valor de 24.0.

En BPP ciegos hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos en las cuatro estaciones, los agrupamientos formados en la comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) fueron muy similares a los observados en BPP total (Cuadro 2), con un solo grupo de clasificación para los tratamientos presentes en otoño, primavera y verano, así como tres grupos en invierno, de los cuales también en grupo único el tratamiento A indujo el mayor número de BPP ciegos con 14.25.

En BPP productivos también se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) y la comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) ordenó a los tratamientos en siete grupos en las cuatro estaciones (Cuadro 2), número superior en casi dos veces a los observados para BPP ciegos y totales, lo que sugiere una respuesta más variada por los tratamientos a lo largo de las estaciones, con valores extremos entre tratamientos C de verano (0.0) y A de invierno (9.75); aun así, tres grupos de clasificación contiguos por cercanía en valores se distribuyeron en otoño, primavera y verano, y los otros cuatro grupos fueron de invierno.

Interacción tratamientos \times estaciones

Hubo diferencias altamente significativas en la interacción tratamientos \times estaciones ($P \leq 0.01$) para PCB.

En la estación invernal el promedio de los tratamientos A, C, G, ACG y NCa incrementó en 50 % (de 10 a 15) el número de plantas con brotes basales con respecto al testigo (Figura 1). De forma individual, el tratamiento A destacó por tener un valor de casi el doble (88 %) con respecto al testigo, en las demás estaciones se observaron de dos a cuatro plantas con brotes basales, cifras menores con respecto a las de invierno, que fueron de 10 a 20.

Las interacciones entre tratamientos y estaciones mostraron un mayor número de PCB en invierno con los diferentes tratamientos, e incluso con el testigo (Figura 1), debido a que en esta estación la entrada en latencia de las yemas basales por influencia de días cortos y la posterior acumulación de frío inducen brotes basales en un mayor número de plantas (Davidenco *et al.*, 2012; Mendoza, 2020; Pallardy, 2008) comparado con cualquiera de las otras estaciones; por ejemplo, en primavera A y T tuvieron el mismo número de plantas con brotes basales (2.75) (Figura 1A), en verano C (0.25) fue menor que T (0.75) (Figura 1D) y en otoño G (4.0) fue ligeramente superior a T (3.75) (Figura 1C). La influencia de los reguladores de crecimiento en la emisión de brotes basales ha sido documentada durante varias décadas (Alcántara *et al.*, 2019; Asen y Hamner, 1953).

El mayor número de brotes basales por planta en invierno se debió al rompimiento de la latencia por acumulación de horas-frío (Figura 2), inducida inicialmente por los días cortos del periodo estacional (Mendoza, 2020; Pallardy, 2008). Este evento es importante debido a que la emisión de brotes basales ciclo tras ciclo representa la renovación de los tallos caulinares de rosa en su número, tamaño y grado de ramificación, determinantes en la potencial producción de tallos florales (Marcelis-van Acker, 1993; Yong, 2004). Se observó que el tratamiento que promovió mayor número total de BPP fue el correspondiente a auxinas, regulador de crecimiento que estimula la formación y elongación de tallos, raíces adventicias y el aumento de la dominancia apical (Alcántara *et al.*, 2019), mientras que el tratamiento a base de citocininas, que entre otras funciones estimulan el desarrollo fotomorfogénico vegetal y la generación de brotes axilares (Alcántara *et al.*, 2019), estuvo incluso por debajo del testigo, junto con NCa; de este último, particularmente el suministro de nitrógeno posiblemente entró en desbalance con los carbohidratos que limitaron la fuente de energía y carbono para la síntesis de otros productos en la diferenciación floral (Yong, 2004).

Proporción BPP productivos/BPP ciegos

No todos los tratamientos, incluso A con mayor número de BPP, promovieron brotes basales vigorosos descritos aquí como BPP productivos. Hubo combinación de

Cuadro 2. Medias de diferentes atributos en brotes basales de plantas de *Rosa* sp. cv. Samourai.

Estación	Tratamiento	PCB	BPP			Tamaño de brote basal	
			Productivos	Ciegos	Total	Longitud (cm)	Diámetro (mm)
Otoño	T	3.75 a	1.00 c	3.25 a	4.25 a	120.0 ab	11.0 ab
	C	2.75 a	2.00 cd	0.75 a	2.75 a	121.5 ab	10.5 ab
	G	4.00 a	3.00 cd	1.50 a	4.50 a	127.0 ab	11.5 ab
	A	2.75 a	2.00 cd	1.25 a	3.25 a	110.0 ab	10.5 ab
	CGA	4.00 a	2.75 cd	1.50 a	4.25 a	130.5 b	13.0 b
	NCa	1.50 a	1.50 cd	0.25 a	1.75 a	116.5 ab	11.5 ab
Invierno	T	10.75 b	5.50 de	9.50 bc	15.00 b	112.5 ab	9.0 ab
	C	13.25 b	6.25 de	8.75 b	15.00 b	100.0 a	9.5 ab
	G	15.25 bc	7.00 de	11.25 bc	18.25 bc	119.5 ab	10.0 ab
	A	20.25 c	9.75 f	14.25 c	24.00 c	106.0 ab	10.5 ab
	CGA	16.00 bc	9.00 ef	9.00 b	18.00 bc	111.0 ab	10.0 ab
	NCa	14.00 bc	7.25 de	9.00 b	16.25 bc	112.5 ab	9.5 ab
Primavera	T	2.75 a	2.50 cd	0.50 a	3.00 a	117.5 ab	9.0 ab
	C	3.75 a	2.25 cd	2.50 a	4.75 a	111.5 ab	8.5 ab
	G	4.00 a	3.00 cd	1.50 a	4.50 a	127.5 ab	9.5 ab
	A	2.75 a	1.25 cd	1.75 a	3.00 a	112.5 ab	10.0 ab
	CGA	2.50 a	1.75 cd	1.00 a	2.75 a	123.0 ab	9.5 ab
	NCa	1.75 a	1.00 c	0.75 a	1.75 a	113.0 ab	9.0 ab
Verano	T	0.75 a	0.75 b	0.00 a	0.75 a	114.0 ab	7.50 a
	C	0.25 a	0.00 a	0.25 a	0.25 a	123.0 ab	9.5 ab
	G	0.75 a	0.25 b	0.75 a	1.00 a	131.0 b	9.5 ab
	A	1.00 a	1.00 c	0.00 a	1.00 a	118.5 ab	8.0 ab
	CGA	1.00 a	1.00 c	0.00 a	1.00 a	132.0 b	8.5 ab
	NCa	1.25 a	1.00 c	0.25 a	1.25 a	122.0 ab	9.0 ab
Promedio		5.45	3.03	3.31	6.34	118.02	9.75

PCB: plantas con brotes basales, BPP: brotes basales por planta, T: testigo, C: citocininas, G: giberelinas, A: auxinas, CGA: citocininas + giberelinas + auxinas, NCa: nitrógeno-calcio. Medias con letras iguales en las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

éstos con BPP ciegos, cuya proporción respectiva (BPP productivos/BPP ciegos) fue de 0.7 (Testigo) a 1.3 (CGA) (Figura 3), lo que indica que los tratamientos con valores de 1.0 o menores producen igual o menor cantidad de BPP productivos que ciegos, lo que resulta en una igual o mayor proporción de ciegos que productivos para los tratamientos T, A, C y G. En esta condición, el gasto energético de la planta no se justifica por representar una menor producción de tallos florales (Marcelis-van Acker, 1993). Contrariamente, el tratamiento CGA estimuló un valor proporcional BPP

productivos/BPP ciegos de 1.3 (Figura 3), valor que, por mayor número de BPP productivos que ciegos, sugiere un incremento considerable de tallos florales por planta. La presencia de brotes basales ciegos se debe a factores ambientales como insuficiente luz en el punto de injerto donde brotan los basales, lo que promueve un desbalance de carbohidratos y disminución en la síntesis de citocininas, indispensables en la diferenciación floral (Alcántara *et al.*, 2019; Pallardy, 2008; Yong, 2004). De acuerdo con Flórez y Pereira (2008), las auxinas también pueden tener un efecto

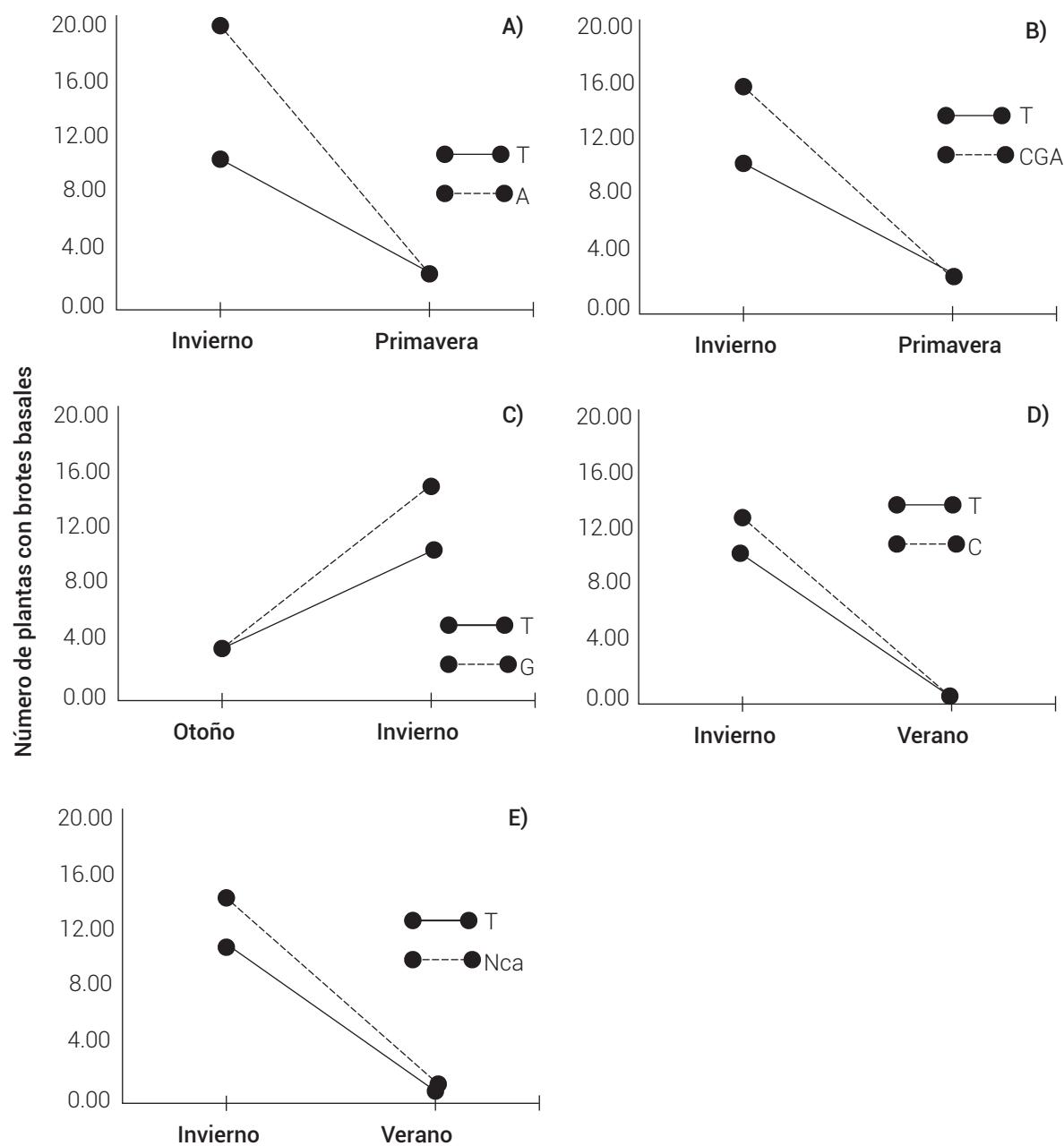


Figura 1. Interacción tratamientos x estaciones del año en número de plantas con brotes basales de *Rosa* sp. cv. Samourai cultivadas en invernadero. T: testigo, C: citocininas, G: giberelinas, A: auxinas, CGA: citocininas + giberelinas + auxinas, NCA: nitrógeno-calcio.

inhibitorio en la diferenciación floral.

Tamaño de brotes basales

Hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en longitud y diámetro del brote basal. Los valores extremos fueron de 100 a 131 cm para longitud y de 7.5 a 13 mm para diámetro. La comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$)

(Cuadro 2) agrupó a los tratamientos para cada variable en tres categorías, dos de ellas, para cada variable, con un solo miembro, longitud (CGA = 130 cm en otoño y G = 131 cm en verano) y diámetro (CGA = 13 mm en otoño y T = 7.5 mm en verano). El grupo restante de cada variable incluyó al resto de los tratamientos. En valores por estación, los extremos respectivos para longitud y diámetro fueron 123.5 cm (verano) y 110 cm (invierno), y 11.3 mm (otoño)

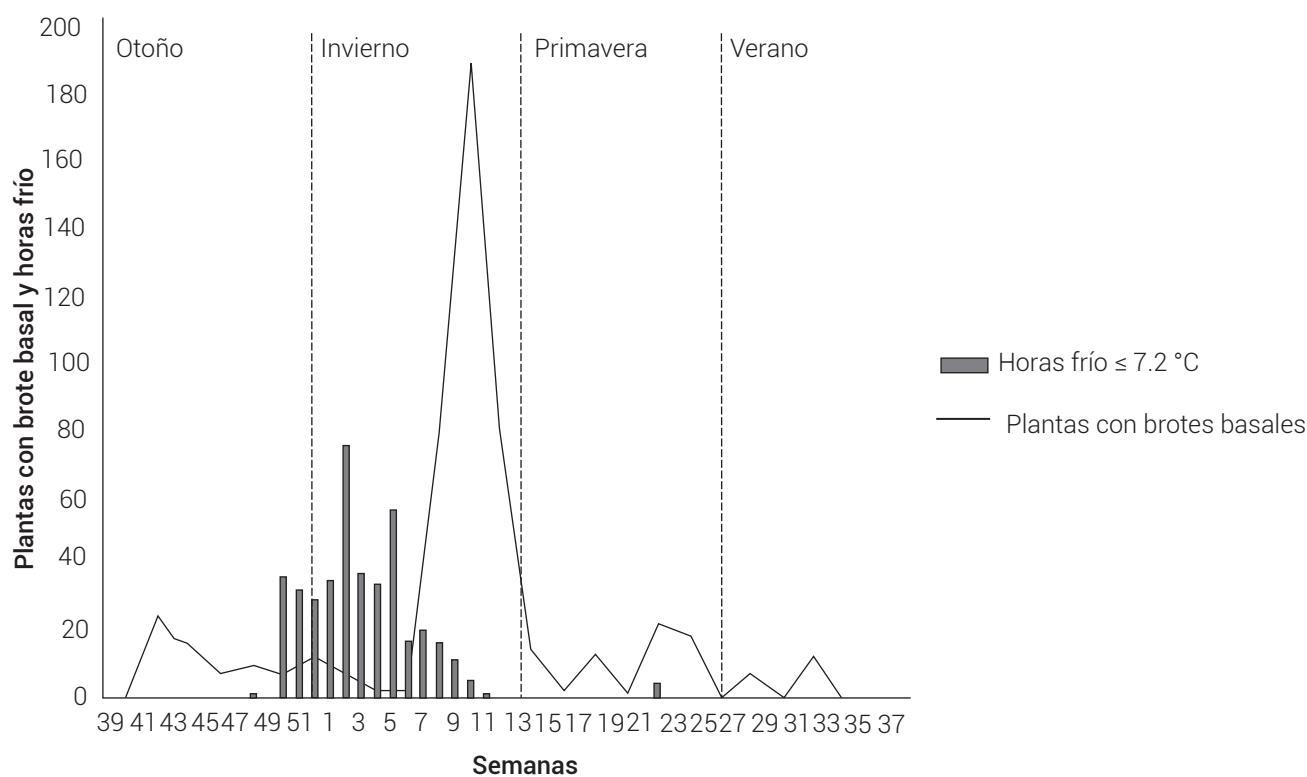


Figura 2. Horas frío y número de plantas con brotes basales en *Rosa* sp. cv. Samourai registrados durante las 52 semanas del periodo de experimentación. Tenancingo, Estado de México, 2019- 2020.

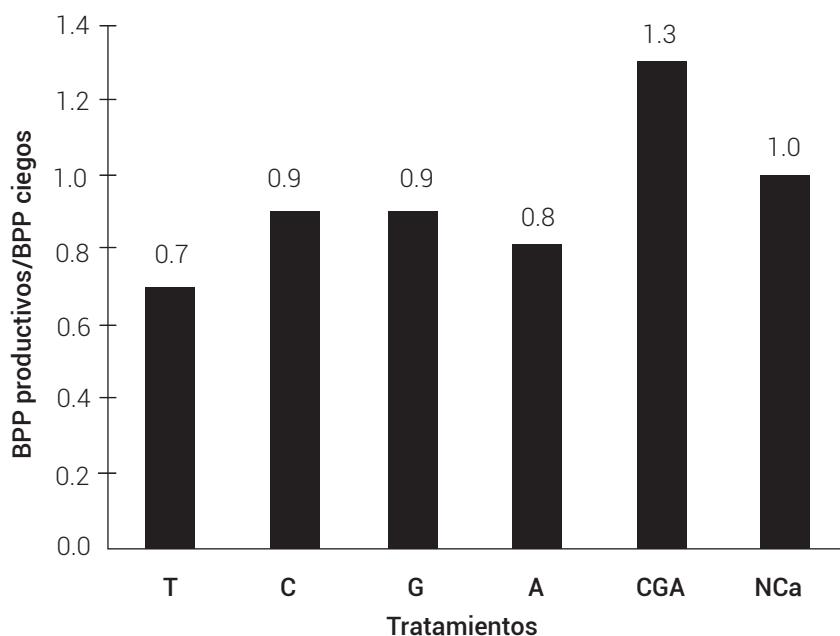


Figura 3. Proporción de brotes basales por planta (BPP) productivos/ciegos en seis tratamientos hormonales y nutricionales en *Rosa* sp. cv. Samourai durante las cuatro estaciones. T: testigo, C: Citocininas, G: giberelinas, A: auxinas, CGA: citocininas + giberelinas + auxinas, NCa: nitrógeno-calcio.

y 8.6 mm (verano) respectivamente; y por tratamiento, en promedio de las cuatro estaciones, los valores extremos respectivos para longitud y diámetro fueron G (126 cm), A (112 cm), y CGA (10.2 mm), T (9.1 mm). Es importante destacar que, en longitud de brote, CGA (124 cm) fue muy cercano a G.

La variable longitud de brote fue mayor en G, debido a que las giberelinas participan en el alargamiento de tallos (Alcántara *et al.*, 2019); no obstante, el tratamiento con la combinación CGA tuvo valores muy próximos a los de G. Referente a diámetro, CGA fue el mejor tratamiento, por lo que éste proporcionó las mejores condiciones para el tamaño del brote. A este respecto, se sabe que las citocininas, giberelinas y auxinas contribuyen a la elongación; particularmente, las auxinas a la dominancia apical y las citocininas al desarrollo fotomorfogénico (Alcántara *et al.*, 2019; Fernández y Johnston, 2006).

Análisis de correlación

Hubo correlaciones significativas ($P \leq 0.05$) entre la mayoría de los tratamientos (Cuadro 3), excepto de CGA con T ($r = 0.993$, $P \leq 0.01$), G ($r = 0.992$, $P \leq 0.01$) y A ($r = 0.994$, $P \leq 0.01$), las cuales fueron altamente significativas, lo que indica una correspondencia más lineal de CGA con T, G y A al incrementar el número de plantas con brotes (PCB) durante las cuatro estaciones. Estos resultados de correlación positiva y significativa son congruentes con la variación similar observada para PCB y BPP por efecto de los tratamientos de acuerdo con las estaciones (Cuadro 3). Se observó correlación negativa en todos los tratamientos de BPP con número de tallos florales por planta (Cuadro 3) con valores que fueron desde $r = -0.614$ en A hasta $r = -0.798$ en T; sin embargo, aunque no fueron estadísticamente significativos, destaca una tendencia a que cuando aumentan el número de brotes basales totales

por planta disminuye el número de los correspondientes tallos florales; de hecho, se observa que los tratamientos con mayor BPP totales no son los que producen más BPP productivos (Figura 3). Resultados similares indican que la producción de brotes basales determina el potencial de tallos florales (Marcelis-van Acker, 1993); sin embargo, está condicionada por la proporción de BPP ciegos (Yong, 2004).

CONCLUSIONES

Con la aplicación de los tratamientos C, G, A, CGA y NCa se registró, particularmente en invierno, un incremento promedio de casi el 50 % PCB con respecto al testigo, entre los que destacó el correspondiente a auxinas con mayor número de plantas estimuladas con brotes basales. Los tratamientos interactuaron con las estaciones y en invierno se estimularon seis veces más PCB con respecto a las demás estaciones. En la variable BPP el tratamiento compuesto por citocininas, giberelinas y auxinas (CGA) presentó la mejor proporción BPP productivos/BPP ciegos, asociada con la producción de tallos florales en la planta.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada a Janet Gomora Rasso para sus estudios de maestría (2019-2021).

BIBLIOGRAFÍA

- Ahumada-Cervantes R., G. Velázquez-Angulo y B. Ahumada-Cervantes (2018) Adaptación del sector agrícola ante el cambio climático: propuesta de medidas a escala espacial fina en Guasave, Sinaloa, México. *Acta Universitaria* 28:46-56, <https://doi.org/10.15174/au.2018.1351>
- Alcántara C. J. S., J. Aceró G., J. D. Alcántara C. y R. M. Sánchez M. (2019) Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA* 17:109-129.
- Asen S. and C. L. Hamner (1953) Effect of growth-regulating compounds

Cuadro 3. Matriz de correlación entre número de tallos florales por planta (TFFP) y número de plantas con brotes basales (PCB) en tratamientos T, C, G, A, CGA y NCa en las cuatro estaciones del año en el cultivo de Rosa sp. cv. Samourai.

	TFFP	T	C	G	A	CGA	NCa
TFFP	1.000						
T	-0.798	1.000					
C	-0.713	0.986*	1.000				
G	-0.743	0.995**	0.997**	1.000			
A	-0.660	0.979*	0.985*	0.988*	1.000		
CGA	-0.735	0.993**	0.982*	0.992**	0.994**	1.000	
NCa	-0.614	0.964*	0.974*	0.977*	0.998**	0.986*	1.000

TFFP: número de tallos florales por planta, PCB: número de plantas con brotes, T: testigo, C: citocininas, G: giberelinas, A: auxinas, CGA: citocininas + giberelinas + auxinas, NCa: nitrógeno-calcio. *: significativo con $P \leq 0.05$, **: significativo con $P \leq 0.01$.

- on development of basal shoots of greenhouse roses. *Botanical Gazette* 115:86-89, <https://doi.org/10.1086/335801>
- Davidenco V., C. Vega y J. A. Argüello (2012)** Respuesta fotoperiódica en *Origanum vulgare* ssp. *vulgare* y ssp. *hirtum*letsw.: impacto sobre su desarrollo y crecimiento. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 44:1-12.
- Di Rienzo J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C. W. Robledo (2016)** InfoStat, versión 2016. Grupo InfoStat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Faust M., A. Erez, L. J. Rowland, S. Y. Wang and H. A. Norman (1997)** Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. *HortScience* 32:623-629, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.32.4.623>
- Fernández G. y M. Johnston (2006)** Crecimiento y temperatura. In: *Fisiología Vegetal*. F. A. Squeo y L. Cardemil (eds.). Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. pp:1-28.
- Flórez V. J. y M. F. D. A Pereira (2008)** Concentraciones opuestas de AIA-ABA aceleran el desarrollo floral de *Solidago × luteus*. *Agronomía Colombiana* 26:237-245.
- García M. S., P. E. Leva, S. E. Valtorta, N. F. Gariglio y G. Toffoli (2011)** Estimación de horas de frío para la localidad de Sauce Viejo (Santa Fe, Argentina): diferentes modelos. *Revista FAVE -Ciencias Agrarias* 10:69-75, <https://doi.org/10.14409/fa.v10i1/2.4139>
- Goldschmidt E. E. (2014)** Plant grafting: new mechanisms, evolutionary implications. *Frontiers in Plant Science* 5:727, <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00727>
- Marcelis-van Acker C. A. M. (1993)** Morphological study of the formation and development of basal shoots in roses. *Scientia Horticulturae* 54:143-152, [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(93\)90062-U](https://doi.org/10.1016/0304-4238(93)90062-U)
- Medina-García G., J. Grageda-Grageda, J. A. Ruiz-Corral, J. I. Casas-Flores, V. M. Rodríguez-Moreno y C. de la Mora-Orozco (2019)** Disminución de las horas frío como efecto del cambio climático en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10:1325-1337, <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1688>
- Mendoza G. E. (2020)** Efecto de la acumulación de horas frío en el porcentaje de floración de cultivares de ciruelo, manzano y duraznero en zonas de valle alto. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* 7:73-79.
- Ohkawa K. and M. Suematsu (1999)** Arching cultivation techniques for growing cut-roses. *Acta Horticulturae* 482:47-52, <https://doi:10.17660/actahortic.1999.482.5>
- Pallardy S. G. (2008)** *Physiology of Woody Plants*. Third edition. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands. 454 p.
- Ramírez H. J. J. y J. A. Avitia-Rodríguez (2015)** Floricultura mexicana en el siglo XXI: su desempeño en los mercados internacionales, *Revista de Economía* 24:99-122, <https://doi.org/10.33937/reveco.2017.83>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2020)** Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Abril 2020).
- Steiner A. A. (1984)** The universal nutrient solution. Sixth International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp:633-650.
- Velázquez J., A. Rosales, H. Rodriguez y R. Salas (2015)** Determinación de las etapas de inicio de macollamiento, inicio de primordio, floración y madurez en la planta de arroz, con el sistema S, V y R correlacionado con la sumatoria térmica. *Agronomía Costarricense* 39:121-129, <https://doi.org/10.15517/rac.v39i2.21781>
- Yong A. (2004)** Técnicas de formación y manejo del rosal. *Cultivos Tropicales* 25:53-60.