

EFFECTO DE DOS INDUCTORES FLORALES SOBRE LA FLORACIÓN Y PRODUCCIÓN DE CAFÉ

Carlos Andrés Unigarro Muñoz*, Lina Marcela Díaz Bejarano**, Jhon Félix Trejos Pinzón***

UNIGARRO M., C.A.; DÍAZ B., L.M.; TREJOS P., J.F. Efecto de dos inductores florales sobre la floración y producción de café. *Revista Cenicafé* 70(2):19-29. 2019

En algunos cultivos perennes el uso de inductores ha logrado incrementar la floración y, por ende, la producción de frutos; no obstante, en café es una alternativa poco explorada. En la presente investigación se evaluó el efecto de los inductores florales ácido giberélico y/o nitrato de potasio durante la inducción de nudos sobre la floración y producción en un genotipo de café variedad Castillo®. El estudio se realizó en la Estación Experimental Naranjal, localizada en Chinchiná, Caldas (Colombia), con plantas de café del genotipo CX2720 establecido a una densidad de 3.333 plantas/ha, con dos tallos por sitio. En un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones, se evaluaron los inductores de floración: ácido giberélico (GA₃ - 100 mg L⁻¹), nitrato de potasio (KNO₃ - 15 g L⁻¹), su combinación (GA₃ + KNO₃), además de un testigo sin aplicación. Las aplicaciones se realizaron en noviembre para afectar la floración del primer semestre (enero - junio) del siguiente año. Se registró el número de botones florales promedio por rama, la producción de café cereza y las tasas medias de crecimiento absoluto para diámetro de tallo, altura de tallo y el número de nudos plagiotrópicos. La aplicación de ácido giberélico (GA₃) y/o nitrato de potasio (KNO₃) no incrementó el número de botones florales, la producción de café cereza o el crecimiento vegetativo. El semestre de mayor precipitación disminuyó la sincronía floral entre los diferentes tratamientos respecto a los periodos más secos.

Palabras clave: *Coffea arabica* L., ácido giberélico, nitrato de potasio, botones florales, frutos.

EFFECT OF TWO FLORAL INDUCERS ON COFFEE FLOWERING AND YIELD

In some perennial crops, the use of inducers resulted in increased flowering and, therefore, fruit yield. However, this is an unexplored alternative in coffee. In this research, the effect of floral inducers gibberellic acid and / or potassium nitrate during the induction of nodes on the flowering and yield of a genotype of coffee variety Castillo® was evaluated. The study was carried out at the Naranjal Experimental Station of the National Coffee Research Center (Chinchiná, Caldas - Colombia) with genotype CX2720 coffee plants established at a density of 3,333 plants ha⁻¹ with two stems per site. In a randomized complete block design with five replications, the floral inducers were evaluated: gibberellic acid (GA₃ - 100 mg L⁻¹), potassium nitrate (KNO₃ - 15 g L⁻¹), its combination (GA₃ + KNO₃), in addition to a control without application. Applications were made in November to affect the flowering of the first semester (January - June) of the next year. The number of average flower blossoms per branch, the yield of cherry coffee and the average of absolute growth rates for stem diameter, stem height and number of plagiotropic nodes were recorded. The application of gibberellic acid (GA₃) and / or potassium nitrate (KNO₃) did not increase the number of flower blossoms, the yield of cherry coffee or the vegetative growth. The semester of higher precipitation decreased the flowering synchrony among different treatments with respect to dryer periods.

Keywords: *Coffea arabica* L., gibberellic acid, potassium nitrate, flower blossoms, fruits.

*Investigador Científico I. Disciplina de Fisiología Vegetal, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

**Asistente de Investigación hasta septiembre 2018. Disciplina de Biometría, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

***Asistente de Investigación. Disciplina de Experimentación, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

El café es la materia prima agrícola más reconocida en el mundo para propósitos comerciales y se cultiva en 56 países ubicados entre las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Asrat *et al.*, 1992; Pay, 2009; Mishra y Slater, 2012). Los agro-ecosistemas de café compensan su sustento mediante los ingresos que generan y los servicios ambientales que proporcionan (Castro-Tanzi *et al.*, 2014). La producción de Vietnam, Indonesia, Colombia y Brasil representa más del 50% del total mundial de café (ICO, 2018). En Colombia, el área dedicada al cultivo del café es de 911.238 hectáreas, con variedades resistentes a roya en el 76,3% del territorio (FNC, 2017), entre las cuales se destacan la variedad Castillo® y sus componentes regionales, desarrollados por el Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé (Alvarado *et al.*, 2005; Alvarado *et al.*, 2009; Cortina *et al.*, 2012).

La producción de café es un proceso fisiológico que involucra distintos cambios fenológicos descritos por la escala fenológica BBCH, propuesta por Arcila *et al.* (2002). La etapa reproductiva comienza desde la inducción e iniciación floral (estado BBCH51) cuando solo se observa un hinchamiento en la axila de la hoja, del cual posteriormente emergerán yemas diferenciadas de 2,0 mm, recubiertas por un mucílago castaño (estado BBCH53). Al continuar su desarrollo, de la yema emerge una inflorescencia multifloral, con las flores cerradas y adheridas por sus corolas (estado BBCH57). Una vez las corolas logran separarse y las flores verdes y cerradas alcanzan un tamaño de 4,0 a 6,0 mm, cesan su crecimiento y entran en un período de latencia (estado BBCH58), luego con las lluvias, se rompe la latencia reiniciando el crecimiento de las flores que alcanzan entre 6,0 a 10,0 mm, aun cerradas y blanquecinas. Finalmente se produce la apertura floral o antesis (estados BBCH60-69) (Arcila *et al.*, 2002; Camayo *et al.*, 2003). El fruto alcanza

su madurez organoléptica (estado BBCH88) entre 180 a 330 días después de la floración (ddf) dependiendo de la variedad y la oferta ambiental (Salazar *et al.*, 1994; Arcila *et al.*, 2002), momento en el cual es cosechado y se denomina comúnmente como café cereza.

En especies frutales las condiciones ambientales, la actividad hormonal, el contenido de carbohidratos y la nutrición mineral, afectan los procesos de inducción, diferenciación y apertura de flores (Reddy y Majmudar, 1985; Bernier, 1988). En este contexto, la sincronización natural de los patrones reproductivos (floraciones) con la distribución de la precipitación en la zona cafetera colombiana, propicia múltiples eventos de floración sobre un largo período de tiempo, debido a las lluvias presentes durante todo el año (Trojer, 1968; Crisosto *et al.*, 1992; Drinnan y Menzel, 1994; Camayo *et al.*, 2003). Esto repercute en múltiples recolecciones selectivas de frutos maduros de café realizadas de forma escalonada durante el tiempo de cosecha (Upegui y Valencia, 1972; Unigarro *et al.*, 2018).

En especies perennes, la aplicación foliar de inductores e inhibidores florales pretende anticipar o retrasar el proceso de floración, respectivamente, bajo determinadas condiciones de cultivo (Rodríguez, 1989; Chaikiattiyos *et al.*, 1994). En café se han realizado algunos estudios para evaluar el efecto del ácido giberélico (GA₃) sobre la magnitud y la distribución de la floración y la producción. Es así como Browning (1973) sugiere que el aumento endógeno del contenido de GA₃ es el estímulo que necesitan las yemas florales para romper la dormancia y superar parcialmente la necesidad de un período seco de magnitud moderada (Schuch *et al.*, 1990). La aplicación de GA₃ (100 mg L⁻¹) indujo la uniformidad de yemas florales y aumentó la apertura floral (Ramaiah y Venkataraman, 1988); la cual

siempre fue mayor cuando se realizaron dos aplicaciones de GA₃, obteniendo la mejor respuesta a la concentración de 100 mg L⁻¹, con diferencias relativamente pequeñas entre una o dos aplicaciones (64,6% y 73,4%) (Alvim, 1958). El GA₃ (100 mg L⁻¹) en combinación con un período seco estimularon la antesis, posiblemente por compensación de la baja concentración de GA₃ endógeno, así como, por la aplicación de GA₃ sin estrés a una concentración de 200 mg L⁻¹ (Schuch *et al.*, 1992).

La aplicación foliar de nitrato de potasio (KNO₃) es comúnmente utilizada en latitudes bajo el trópico y sobre el trópico para estimular la floración en mango (Núñez-Elisea *et al.*, 1996; Davenport y Núñez-Elisea, 1997;). Barba (1974) observó un aumento en la floración de mango y consecuentemente en la producción por árbol, al rociar KNO₃, que promovió la formación de la enzima nitrato reductasa, que reduce el nitrato a nitrito, lo cual favorece la producción de aminoácidos como la metionina, un precursor directo del etileno. Este interviene en el desarrollo floral, desde su inicio hasta la senescencia (Klee y Clark, 2004). En árboles de mango, la aplicación de 40 g L⁻¹ KNO₃ favoreció la inducción de floral, la retención de frutos y la producción por árbol (Yeshitela *et al.*, 2005; Oosthuysse, 2015). Kulkarni (2004) sugiere que cuando se aplica KNO₃ las yemas se sensibilizan al estímulo floral presente en los tallos.

En este contexto, la caficultura busca incrementar la rentabilidad del negocio cafetero y una de las vías es a través del estímulo del proceso de floración, el cual a su vez incide en la producción. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de los inductores florales ácido giberélico y/o nitrato de potasio durante la inducción de nudos sobre la floración y producción en un genotipo de café variedad Castillo®.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Estación Experimental Naranjal del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), ubicada en Chinchiná, Caldas, Colombia (04°58' N y 75°39' W, a 1381 m de altitud). En el experimento se usó el genotipo CX2720 de café (*Coffea arabica* L.), con una edad de tres años, establecido a una densidad de 3.333 plantas/ha (1,5 m entre plantas x 2,0 m entre surcos). La fertilización edáfica se realizó de acuerdo con el análisis de suelos, así: año 2015: primer semestre: 800 kg ha⁻¹ de 25-4-24 y segundo semestre: 950 kg ha⁻¹ de 23-3-19-3; año 2016: primer semestre: 1.000 kg ha⁻¹ de 25-4-24 y segundo semestre: 1.280 kg ha⁻¹ de mezcla Urea-DAP-KCl; año 2017: primer semestre: 800 kg ha⁻¹ de 25-4-24, no se fertilizó en segundo semestre por su eliminación. La enmienda se realizó con cal dolomítica (1.200 kg ha⁻¹) entre julio-agosto, todos los años.

Los inductores (tratamientos) evaluados fueron: ácido giberélico (GA₃), nitrato de potasio (KNO₃), su combinación (GA₃ + KNO₃) y un testigo absoluto (sin aplicación alguna). En la Tabla 1 se presentan las dosis y los momentos de aplicación. Las aplicaciones se realizaron durante los años 2014, 2015 y 2016 en noviembre, para incrementar el número de nudos en estado de inducción (estado BBCH51-52), que luego se diferenciarán (BBCH53), repercutiendo así, en un mayor número de nudos en preantesis (estado BBCH 59) para el próximo año, una vez iniciaran las lluvias de enero o febrero. El efecto de los productos sobre la inducción en nudos se evaluó previamente bajo condiciones semi-controladas (Cenicafé, 2013), por lo tanto, para el presente estudio en el campo no se evaluó directamente la inducción en nudos, sino su repercusión en la floración y la producción. El momento de aplicación de los tratamientos fue seleccionado con base en la ocurrencia en el

campo de la inducción en nudos, descrito por Camayo *et al.* (2003). Los productos fueron rociados sobre las ramas, a una distancia de 10 cm del objetivo, con una bomba manual operada a 30 psi.

La parcela experimental se conformó por 20 árboles, los seis centrales conformaron la parcela efectiva. Los tratamientos se evaluaron bajo un diseño de bloques completos al azar (BCA) con cinco repeticiones, los cuales se distribuyeron en el campo de acuerdo con el gradiente de fertilidad del suelo y su pendiente.

El número de botones florales en estado de preantesis (Estado BBCH-59) o “velón” por nudo se contó semanalmente en tres ramas del tercio medio superior, de acuerdo con la metodología establecida por Rendón *et al.* (2008), en tres árboles de la parcela efectiva durante el primer semestre (enero-junio), el cual abarca la floración principal para la zona central del país. La floración se evaluó en el estado BBCH-59, porque corresponde a flores completamente desarrolladas próximas a abrir (antesis). Se prefirió evaluar este estado, porque en antesis los pétalos florales solo permanecen tres días antes de caer, esta característica puede conllevar a obviar datos, dada la frecuencia semanal de las evaluaciones en el campo. La recolección de los frutos de café cereza (Estado BBCH 88) en la parcela efectiva se

realizó en el segundo semestre (julio-diciembre), por su correspondencia a las floraciones de primer semestre. Tanto la floración como la producción de café cereza se evaluaron en los años 2015, 2016 y 2017. La altura de la planta, el diámetro del tallo y el número de nudos ortotrópicos o “cruces” se registraron al inicio y al final del experimento.

Las variables evaluadas fueron: producción de café cereza por parcela (kg), número de botones florales promedio por rama (número) y las tasas medias de crecimiento absoluto (\bar{G}) para diámetro de tallo (mm mes^{-1}), altura de tallo (cm mes^{-1}) y el número de nudos plagiotrópicos (número/mes). Las \bar{G} se calcularon de acuerdo con la Ecuación <1> (Hunt, 1990).

$$\bar{G} = (V_2 - V_1) / (t_2 - t_1) \quad <1>$$

Donde:

\bar{G} : tasa media de crecimiento absoluto

V_i : valor de la variable en el tiempo t_i .

El análisis de varianza y la prueba de Tukey al nivel de significancia del 5%, fueron utilizados para determinar las diferencias estadísticas entre los tratamientos. Adicionalmente, con el número de botones florales por semana y el total registrado en

Tabla 1. Dosis de los tratamientos evaluados y momento de aplicación.

Tratamiento	Ramas con nudos en inducción (estado BBCH 51 a 52)	
	Mes	Dosis
Ácido giberélico (GA ₃)	Noviembre	GA ₃ (100 mg L ⁻¹)
Nitrato de potasio (KNO ₃)	Noviembre	KNO ₃ (15 g L ⁻¹)
GA ₃ + KNO ₃	Noviembre	GA ₃ (100 mg L ⁻¹) + KNO ₃ (15 g L ⁻¹)
Testigo	-	-

el primer semestre (las 25 primeras semanas del año) se calcularon los porcentajes de floración por semana. La sincronía entre los tratamientos se estimó siguiendo la metodología de Koenig *et al.* (2003), como la media de todos los pares de coeficientes de correlación de Pearson (r_1) de los porcentajes de floración por semana. Paralelamente, la precipitación diaria se acumuló semanalmente. Tanto los porcentajes de floración como la precipitación fueron analizados de forma descriptiva, mediante gráficas tipo serie y aguja. Los análisis estadísticos se realizaron con los programas Base SAS® y SAS/STAT® del software SAS® OnDemand for Academics: Studio (SAS Institute, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento vegetativo

Las tasas de crecimiento absoluto para las características diámetro del tallo, altura y número de nudos plagiotrópicos no presentaron

diferencias estadísticas entre los tratamientos ($Pr \geq 0.05$) (Tabla 2). Del mismo modo, Flores *et al.* (2005) no encontraron diferencias significativas con respecto al testigo absoluto al evaluar las variables altura de tallo y longitud de ramas cuando se aplicó GA₃ (200 g L⁻¹) en *C. arabica*. En mango “Tommy Atkins” tampoco se observó efecto en la brotación generativa vegetativa, al aplicar KNO₃ (35 g L⁻¹) (Cárdenas y Rojas, 2003). Es de resaltar que el tratamiento GA₃ + KNO₃ mostró mayor reducción en el crecimiento vegetativo (10% menos en \bar{G} -DIAM, 21% menos en \bar{G} -ALT y 15% menos en \bar{G} -NP) con referencia al testigo (Tabla 2). De forma similar, Raghuramulu y Purushotham (1987) observaron una reducción en la altura de la planta al aplicar 50 mg L⁻¹ de GA₃ en *Coffea canephora* Pierre cv. S.274.

Distribución de la floración

En la Figura 1 se presenta la distribución del porcentaje de floración por semana, junto con la precipitación correspondiente. En el

Tabla 2. Efecto de tres tratamientos y el testigo sobre la tasa de crecimiento absoluto para las variables diámetro de tallo (\bar{G} -DIAM), altura de tallo (\bar{G} -ALT) y número nudos plagiotrópicos (\bar{G} -NP) en el genotipo de café CX2720 (*C. arabica*).

Tratamiento	\bar{G} -DIAM (mm mes ⁻¹)		\bar{G} -ALT (cm mes ⁻¹)		\bar{G} -NP (#/mes)	
Ácido giberélico (AG)	0,60 ± 0,03	a	2,11 ± 0,22	a	0,69 ± 0,06	a
Nitrato de potasio (KNO ₃)	0,60 ± 0,07	a	2,10 ± 0,14	a	0,66 ± 0,02	a
AG + KNO ₃	0,52 ± 0,05	a	1,80 ± 0,10	a	0,64 ± 0,04	a
Testigo	0,58 ± 0,03	a	2,30 ± 0,23	a	0,76 ± 0,05	a
\bar{x}	0,58		2,08		0,68	
RCME	0,11		0,41		0,11	
Pr>F	0,64		0,33		0,38	

\bar{x} : media general; RCME: raíz del cuadrado medio del error; Pr>F: significancia del análisis de varianza. Letras iguales en misma columna no difieren significativamente entre tratamientos (Prueba de Tukey, $\alpha = 0,05$). Los datos de los tratamientos son las medias ± error estándar de cinco observaciones.

año 2015, el principal pico de floración del semestre se presentó en la cuarta semana, con valores que oscilaron entre el 63% y 68% para los tratamientos. Esto lo propició la ausencia de lluvias en las tres primeras semanas, que posteriormente se interrumpió por una precipitación de 120 mm, en la cuarta semana. Luego, en la quinta, séptima y onceava semanas se presentaron picos de floración secundarios con valores entre 5% y 12%. Hasta la doceava semana se alcanzó entre el 91% y el 95% del total de las flores registradas en todos los tratamientos, sin diferencia notable entre ellos durante el período evaluado. La sincronía floral tuvo un coeficiente de correlación promedio de $r_{\bar{x}} = 0,99$, de un máximo posible igual a 1,00. El primer semestre de 2015 se destacó por ser el más seco respecto a los años 2016 y 2017, con una pluviosidad de 989,0 mm, ratificando que la ocurrencia de mínimo 7,0 mm de lluvia en el decenio, es suficiente para inducir la antesis en café (Zacharias *et al.*, 2008).

La pluviosidad del primer semestre de 2016 fue de 1.168 mm y las lluvias en mayor frecuencia durante las diez primeras semanas, atenuaron el estrés en las plantas de café, hecho que retardó el pico de floración principal respecto al anterior año. No obstante, durante este tiempo la menor precipitación (218 mm) favoreció levemente al pico principal de floración (entre 68% y 75%), con relación a las lluvias de las diez primeras semanas de 2015 (246 mm). En la quinta y quinceava semana se presentaron otros picos de floración, los cuales no superaron el 15%. La diferencia entre los tratamientos y el testigo no fue acentuada, esto se puede corroborar al observar la alta sincronía floral representada por el alto $r_{\bar{x}}$ (Figura 1). El paso de los botones florales a flores ocurre después de un período de déficit hídrico, seguido de precipitación y consecuentemente una menor amplitud térmica (Nascimento *et al.*, 2008). El estrés hídrico

es requerido para romper la dormancia de las yemas florales de café, la apertura floral (antesis) y el desarrollo normal de las flores (Piringer y Borthwick, 1955; Alvim, 1960; Schuch *et al.*, 1992).

En el 2017 la precipitación de las diez primeras semanas fue casi el doble (426 mm) de lo registrado en 2016, motivo por el cual, el pico principal de floración (décima semana) se redujo notablemente (entre el 24% y el 36%) y se postergó más que en los años 2015 y 2016. En este pico, el tratamiento $GA_3 + KNO_3$ obtuvo un 10% más de flores que el testigo, lo cual no fue relevante al considerar que Alvim (1958) y Schuch *et al.* (1992) encontraron diferencias significativas entre tratamientos de GA_3 y el testigo, solo cuando la diferencia entre ambos superó el 20%, en el porcentaje de floración. Luego, en la onceava semana, un segundo pico de importancia se observó, con valores entre 14% y 19%. Otros cuatro picos con valores inferiores al 12%, se registraron en las semanas 8, 12, 17 y 25. El primer semestre de 2017 al ser el más húmedo (1.430 mm) de los tres evaluados también presentó el mayor número de eventos de floración y la menor sincronía floral con el menor $r_{\bar{x}}$ (Figura 1). La apertura floral en café está naturalmente sincronizada por los períodos secos y de lluvia (Cannell, 1985). De acuerdo con Clearwater *et al.* (1999), cuando se presentan múltiples eventos de lluvia durante la temporada de floración el desarrollo de las yemas florales no se sincroniza, incrementando el número de eventos florales, lo cual puede hacer menos efectiva la acción del GA_3 (Schuch *et al.*, 1990).

La variable número de botones florales promedio por rama no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos ($Pr \geq 0,05$), en los años 2015, 2016 y 2017 y su total (Tabla 3). Esta respuesta fue similar a

la obtenida en la distribución porcentual de la floración (Figura 1). En mango la aplicación de KNO_3 no afectó la inducción floral en ramas (Davenport y Núñez-Eliséa, 1997); en feijoa (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret) la aplicación de 15 g L^{-1} de KNO_3 no mostró diferencias estadísticas respecto

al testigo en la inducción floral, y dosis superiores al 20 g L^{-1} generaron síntomas de fitotoxicidad (García *et al.*, 2008). Davenport (1998) menciona que el KNO_3 promueve la brotación de yemas, mas no es un agente inductor de floral, porque los brotes pueden ser vegetativos.

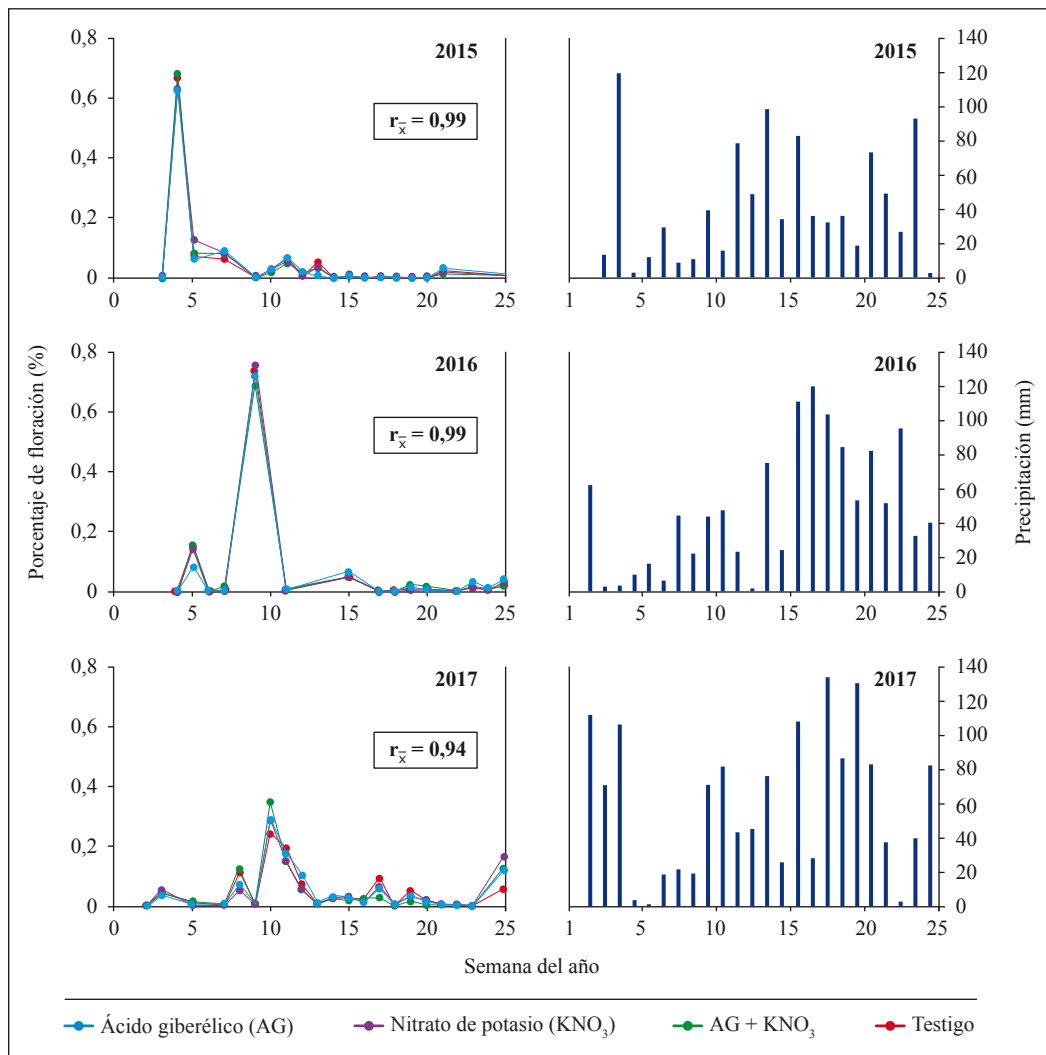


Figura 1. Efecto de tres tratamientos y el testigo en el porcentaje de floración del genotipo de café CX2720 (*C. arabica*) [izquierda] y precipitación semanal en la Estación Experimental Naranjal [derecha], para los años 2015, 2016 y 2017 durante el primer semestre del año (enero – junio). La sincronía floral se representa mediante el promedio de los coeficientes de correlación de Pearson (r_x).

Tabla 3. Efecto de cuatro tratamientos en el número de botones florales promedio por rama (NBFR) en el genotipo de café CX2720 (*C. arabica*).

Tratamiento	NBFR (#)							
	2015		2016		2017		Total	
Ácido giberélico (AG)	89 ± 20	a	100 ± 6	a	75 ± 10	a	265 ± 33	a
Nitrato de potasio (KNO ₃)	122 ± 14	a	124 ± 22	a	57 ± 7	a	303 ± 28	a
GA ₃ + KNO ₃	104 ± 23	a	90 ± 15	a	52 ± 8	a	246 ± 32	a
Testigo	99 ± 18	a	124 ± 16	a	49 ± 7	a	272 ± 36	a
\bar{x}	104		110		58		271	
RCME	47		39		20		82	
Pr > F	0,73		0,42		0,22		0,74	

\bar{x} : media general; RCME: raíz del cuadrado medio del error; Pr > F: significancia del análisis de varianza. Letras iguales en misma columna no difieren significativamente entre tratamientos (Prueba de Tukey, $\alpha=0,05$). Los datos de los tratamientos son las medias \pm error estándar de cinco observaciones.

Producción de café cereza

La producción no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($Pr \geq 0,05$), al evaluarse anualmente o en su totalidad (Tabla 4). La producción en el segundo semestre de 2017 fue menor (Tabla 4), como consecuencia de las bajas floraciones registradas en el primer semestre del mismo año (Tabla 3). En Hawaii la producción de café cereza por planta no fue afectada por la aplicación de GA₃ o ethephon (Clearwater *et al.*, 1999). Martin (1994) no encontró diferencias significativas en la producción de café cereza o de café pergamino seco, al evaluar tres concentraciones de KNO₃ (2%, 4% y 6%) aplicadas después de la floración.

En conclusión, el uso de inductores florales como ácido giberélico (GA₃) y/o nitrato de potasio (KNO₃) en café durante el proceso de inducción de nudos no repercutió significativamente en la cantidad de botones florales o en la distribución de la floración

respecto al testigo. La producción de café cereza y el crecimiento vegetativo tampoco fueron afectados de forma significativa. No obstante, debe resaltarse que la combinación de GA₃ + KNO₃ disminuyó la tasa de crecimiento absoluta para la variable altura en 21%. El aumento de la precipitación en 2017 redujo la sincronía floral entre los diferentes tratamientos respecto a los períodos más secos, se observó un incremento en el número de eventos florales para el 2017.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC) y el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Los autores agradecen al auxiliar de investigación Mario Franco Arcila por aportar su experiencia y al personal de apoyo en la Estación Experimental Naranjal por su valiosa colaboración en el registro de la información.

Tabla 4. Efecto de cuatro tratamientos en la producción de café cereza por parcela (PCC) en el genotipo de café CX2720 (*C. arabica*).

Tratamiento	PCC (kg)							
	2015		2016		2017		Total	
Ácido giberélico (GA ₃)	39 ± 4	a	48 ± 9	a	9 ± 1	a	97 ± 13	a
Nitrato de potasio (KNO ₃)	37 ± 2	a	44 ± 4	a	9 ± 1	a	89 ± 5	a
GA ₃ + KNO ₃	44 ± 8	a	39 ± 8	a	8 ± 2	a	90 ± 16	a
Testigo	35 ± 2	a	47 ± 6	a	7 ± 1	a	89 ± 8	a
\bar{x}	39		44		8		91	
RCME	9		15		3		22	
Pr>F	0,50		0,76		0,46		0,93	

\bar{x} : media general; RCME: raíz del cuadrado medio del error; Pr>F: significancia del análisis de varianza. Letras iguales en misma columna no difieren significativamente entre tratamientos (Prueba de Tukey, $\alpha=0,05$). Los datos de los tratamientos son las medias \pm error estándar de cinco observaciones.

LITERATURA CITADA

- Alvarado, A.G., Moreno, G.E., Montoya, E.C. & Alarcón, R. (2009). Calidad física y en taza de los componentes de la variedad Castillo® y sus derivadas regionales. *Revista Cenicafé*, 60(3), 210-228.
- Alvarado, A.G., Posada H.E. & Cortina, H.A. (2005). Castillo: Nueva variedad de café con resistencia a la roya. *Avances Técnicos Cenicafé*, 337, 1-8. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10778/401>
- Alvim, P.D.T. (1958). Estímulo de la floración y fructificación del café por aspersiones con ácido giberélico. *Turrialba*, 8(2), 64-72.
- Alvim, P.D.T. (1960). Moisture stress as a requirement for flowering of coffee. *Science*, 132(3), 342-354.
- Arcila, J., Buhr, L., Bleiholder, H., Hack, H., Meier, U. y Wicke, H. (2002). Application of the extended BBCH scale for the description of the growth stages of coffee (*Coffea spp.*). *Annals of Applied Biology*, 141, 19-27.
- Asrat, S., Shivashankar, K., Venkataramanian, D., Thimma Raju, K. & Jaganath, M.K. (1992). Effect of growth regulators on fruit setting of coffee (*Coffea arabica* L.) cv. S. 795. *Journal of Coffee Research*, 22(1), 45-55.
- Barba, R. (1974). Induction of flowering of mango by chemical spray. *Crop Science Society of the Philippines Proceedings*, 5, 154-160.
- Bernier, G. (1988). The control of floral evocation y morphogenesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 39, 175-219.
- Browning, G. (1973). Flower bud dormancy in *Coffea arabica* L. I. Studies of gibberellin in flower buds and xylem sap and of abscisic acid in flower buds in relation to dormancy release. *Journal of Horticultural Science*, 48, 29-41.
- Camayo, G., Chaves, B., Arcila, J., & Jaramillo, A. (2003). Desarrollo floral del café y su relación con las condiciones climáticas de Chinchiná, Caldas. *Revista Cenicafé*, 54(1), 35-49.
- Cannell M.G.R. (1985) Physiology of the Coffee Crop. En: Clifford M.N., Willson K.C. (Ed.), Coffee botany, biochemistry and production of beans and beverage. Springer, Boston, MA
- Castro-Tanzi, S., Flores, M., Wannerc, N., Dietschd, T.V., Bankse, J., Ureña-Retana, N. & Chandler, M. (2014). Evaluation of a non-destructive sampling method and a statistical model for predicting fruit load on individual coffee (*Coffea arabica*) trees. *Scientia Horticulturae*, 167, 117-126.

- Cárdenas, K. & Rojas, E. (2003). Efecto del paclobutrazol y los nitratos de potasio y calcio sobre el desarrollo del mango 'Tommy Atkins'. *Bioagro*, 15(2), 83-90.
- Cenicafé. (2013). Informe anual Cenicafé 2013. Recuperado de https://www.cenicafe.org/es/publications/InformeAnual_2013.pdf
- Chaikiattiyos, S.C., Menzel, M. & Rasmussen, T.S. (1994). Floral induction in tropical fruit trees: Effects of temperature and water supply. *HortScience*, 69, 397-415.
- Cortina, H. A., Moncada, M. P. & Herrera, J.C. (2012). VARIEDAD CASTILLO® Preguntas frecuentes. *Avances Técnicos Cenicafé*, 426, 1-12. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10778/410>
- Crisosto, C.H., Grantz, D.A. & Meinzer, F.C. (1992). Effects of water deficit on flower open in coffee (*Coffea arabica* L.). *Tree Physiology*, 10, 27-139.
- Davenport, T. (1998). Management of mango flowering and vegetative growth in the tropics. Universidad de Florida, CIET. Centro de Documentación CCI, 18 p.
- Davenport, T.L. & Núñez-Elisea, R. (1997). Reproductive physiology. En: LITZ, R.E. (ed.). *The Mango, Botany, Production and Uses* (pp.69-146). CABI.
- Drinnan, J.E. & Menzel, C.M. (1994). Synchronization of the anthesis and enhancement of vegetative growth in coffee (*Coffea arabica* L.) following water stress during floral initiation. *Journal of Horticultural Science*, 69(5), 841-849.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia–FNC. (2017). Atlas cafetero de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Flores, C.A., De la Torre, W., Monroig, M., & González, W. (2005). Gibberellic acid, paclobutrazol, fluoridone, abscisic acid affecting flowering and fruit set of coffee. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 89(3-4), 159-168.
- García, O.J., Dueñez, E.Y., Fischer, G., Chaves, B., & Quintero, O. (2008). Efecto del nitrato de potasio, fosfato de potasio y ethephon en la inducción floral de la feijoa o goiabeira serrana (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(3), 577-584.
- International Coffee Organization–ICO. (2018). Total production by all exporting countries. Recuperado de: <http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>.
- Hunt, R. (1990). Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners. London: Springer Science y Business Media.
- Klee, H.J. & Clark, D.G. (2004). Ethylene signal transduction in fruits and flowers. p. 369-412. En: Davies, P.J. (ed.). *Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action*. Dordrecht: Kluwer Publishers
- Koenig, W.D., Kelly, D., Sork, V.L., Duncan, R.P., Elkinton, J.S., Peltonen, M.S. & Westfall, R.D. (2003). Dissecting components of population-level variation in seed production and the evolution of masting behavior. *Oikos*, 102, 581-591.
- Kulkarni, V.J. (2004). The tri-factor hypothesis of flowering in mango. *Acta Horticulturae*, 645, 61-70.
- Clearwater, M.J., Meinzer, F.C., & Osgood, R.V. (1999). Use of Ethephon and Gibberellic Acid for Synchronizing Fruit Ripening in Hawaiian Coffee Orchards. *Coffee Report HARC*, 3, 1-9.
- Martin, G.A. (1994). Efecto de diferentes concentraciones y frecuencias de aplicación foliar de nitrato de potasio (KNO₃) en la producción de café (*Coffea arabica* L.) Variedad Colombia. (Tesis de pregrado). Universidad de Caldas, Manizales.
- Mishra, K. y Slater, A. (2012). Recent Advances in the Genetic Transformation of Coffee. *Biotechnology Research Internacional*, 2012, 1-17.
- Nascimento, M. N., Alves, J. D., Soares, A. M., Castro, E. M., Magalhães, M. M., Alvarenga, A. A., & Silva, G.H. (2008). Alterações bioquímicas de plantas e morfológicas de gemas de cafeeiro associadas a eventos do florescimento em resposta a elementos meteorológicos. *Ciência Rural*, 38(5), 1300-1307.
- Núñez-Elisea, R., Davenport, T.L. y Caldeira, L.M. (1996). Control of bud morphogenesis in mango (*Mangifera indica* L.) by girdling, defoliation and temperature modification. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 71, 25–39.
- Oosthuysen, S.A. (2015). Spray application of kno₃, low biuret urea, and growth regulators and hormones during and after flowering on fruit retention, fruit size and yield of mango. *Acta Horticulturae*, 1075, 135-141.
- Pay, E. (2009). The market for organic and fair-trade coffee. Rome: FAO
- Piringer, A.A. & Borthwick, H.A. (1955). Photoperiodic responses of coffee. *Turrialba*, 5, 72-77.
- Raghuramulu, Y. & Purushotham, K. (1987). Flower induction in juvenile coffee (*Coffea canephora* Pierre) seedlings. *Journal of Coffee Research*, 17(1), 31-39.

- Ramaiah, P.K. & Venkataramanan, D. (1988). Studies on the effect of gibberellic acid on arabica coffee in India. *Journal of Coffee Research*, 18(1), 47-51.
- Reddy, S.E. & Majmudar, A.M. (1985). Tracking phosphorus patterns in mango (*Mangifera indica* L.) and possible relations to floral induction. *Fertilizer Research*, 6, 225-234.
- Rendón, J.R., Arcila, J., & Montoya, E.C. (2008). Estimación de la producción de café con base en los registros de floración. *Revista Cenicafe*, 59(3), 238-259.
- Rodríguez, A. (1989). Inducción y diferenciación floral en frutales tropicales y subtropicales: una especie de revisión. En: Simposio Producción Forzada En Frutales (17-19). México: Colegio de Postgraduados.
- Salazar, M.R., Chaves, B., Riaño, N. M., Arcila, J., & Jaramillo, A. (1994). Crecimiento del fruto de café (*Coffea arabica* L) var. Colombia. *Revista Cenicafe*, 45(2), 41-50.
- Schuch, U.K., Fuchigami, L.H., & Nagao, M.A. (1990). Gibberellic acid causes earlier flowering and synchronizes fruit ripening of coffee. *Plant Growth Regulation*, 9(1), 59-64.
- Schuch, U.K., Fuchigami, L.H., & Nagao, M.A. (1992). Flowering, ethylene production, and ion leakage of coffee in response to water stress and gibberellic acid. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(1), 158-163.
- SAS Institute. (2015). SAS® OnDemand for Academics: User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Trojer, H. (1968). The phenological equator for coffee planting in Colombia (Vol 7). En: Agroclimatological methods proceeding of the Reading Symposium (pp.107-117). París: UNESCO.
- Unigarro, C.A., Flórez, C.P., Oliveros, C.E., & Cañon, M. (2018). Efecto de cuatro inhibidores de etileno en la maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L.) durante precosecha. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 12(2), 500-507.
- Upegui, G. & Valencia, G. (1972). Anticipación de la maduración de la cosecha de café, con aplicaciones de Ethrel. *Revista Cenicafe*, 23(1), 19-26.
- Yeshitela, T., Robbertse, P.J., & Stassen, P.J.C. (2005). Potassium nitrate and urea sprays affect flowering and yields of 'Tommy Atkins' (*Mangifera indica* L.) mango in Ethiopia. *South African Journal of Plant and Soil*, 22, 28-32.
- Zacharias, A.O., De Camargo, M.B.P., & Fazuoli, L.C. (2008). Modelo agrometeorológico de estimativa do início da florada plena do cafeeiro. *Bragantia*, 67(1), 249-256.