

INFLUENCIA DE UN NUEVO BIOESTIMULANTE SOBRE LA FLORACIÓN, FRUCTIFICACIÓN Y RENDIMIENTO EN CAFÉ (*Coffea arabica* L.)

INFLUENCE OF A NEW BIOSTIMULANT ON FLOWERING, FRUCTIFICATION AND YIELD IN COFFEE (*Coffea arabica* L.)

Yeiner Chacón- Villalobos¹, Adriana Chacón- Sancho¹, Mariano Vargas- Chinchilla¹, Josep M^a Cerdà - Subirachs², Ricardo Hernández- Pérez³

¹Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica. CP. 281-1000. Teléfono (506) 2240-8645.

²Export/Área Manager Bioiberica S.A.U. Av. Dels Països Catalans, 34, 08950 Esplugues de Llobregat, Barcelona. España.

³TecNM /Instituto Tecnológico de Zacatepec. Calzada Tecnológico No. 27, Col. Centro. Zacatepec, Morelos. C.P 62780.

Email: santaclara57@yahoo.es

Información del artículo Resúmen

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
30/11/2020

Aceptado:
31/05/2021

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista
ESPAMCIENCIA
12(1)33-40

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v12i1.226

Una de las limitantes que se han venido presentando en el cultivo del café en la región centroamericana han sido las variables climáticas, en que las altas temperaturas, junto con los niveles de luz ultravioleta, así como las precipitaciones y su intensidad, han causado serios problemas para el desarrollo del cultivo. Existiendo desequilibrios fisiológicos causantes de pérdidas en la estimulación y cuajes florales, llegando según la variedad, a mermas superiores al 60%. El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia del nuevo bioestimulante sobre la floración, maduración y calidad de los frutos en el cultivo del café. Aplicado durante los años 2018 y 2019, en una finca de café localizada en la provincia de Alajuela, cantón San Pedro de Póas, Finca La Hilda, Lote Murillo, Costa Rica. Se evaluó el efecto de un producto bioestimulante, certificado para producción en agricultura ecológica. Se compararon dos tratamientos aplicados foliarmente a dosis 3 L.ha⁻¹ en dos y tres aplicaciones y un testigo absoluto, evaluándose la estimulación y cuaje floral, nudos productivos para el próximo ciclo y calidad de los frutos. El empleo del bioestimulante a base de extracto de algas mostró resultados positivos en las fases de diferenciación, estimulación y cuajado del grano respecto al testigo, representando una alternativa ecológica viable con influencia favorable en la floración, maduración y un aumento del rendimiento hasta 74%.

Palabras clave: inductores, fructificación, cambio climático, alternativa ecológica.

Abstract

One of the limitations that have been presented in the cultivation of coffee in the Central American region have been climatic variables, in which high temperatures, together with ultraviolet light levels, as well as rainfall and its intensity, have caused serious problems for the development of the crop. There are physiological imbalances that cause losses in stimulation and flower setting, reaching losses of more than 60% depending on the variety. The objective of this work was to evaluate the influence of the new biostimulant on the flowering, ripening and quality of the fruits in coffee cultivation. Applied during the years 2018 and 2019, in a coffee farm located in Alajuela province, San Pedro de Póas canton, *Finca* La Hilda, *Lote* Murillo, Costa Rica. The effect of a biostimulant product, certified for production in organic farming, was evaluated. Two treatments applied foliarly at a dose of 3 L.ha⁻¹ in two and three applications and an absolute control were compared, evaluating the stimulation and floral setting, productive nodes for the next cycle and quality of the fruits. The use of the biostimulant based on algae extract showed positive results in the differentiation, stimulation and fruit set phases with respect to the control, representing a viable ecological alternative with a favorable influence on flowering, inducers, fruiting, climate change, ecological alternative.

Keywords: inducers, fruiting, climate change, ecological alternative.

INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L.) es uno de los principales productos en el ámbito mundial; más del 80% de la producción se destina al comercio internacional según indica la OIC (2014).

La caficultura tiene gran relevancia económica y social en Costa Rica (Paiva, 2000), siendo el café, el cultivo permanente con más extensión en el país (SEPSA, 2015), altamente susceptible a los cambios en los patrones de temperatura y precipitaciones (Bunn *et al.*, 2015; Chia *et al.*, 2019) y al impacto de los eventos climáticos extremos, como las lluvias torrenciales o los huracanes (Schroth *et al.*, 2009).

En los últimos años, algunos de los principales departamentos cafeteros en Costa Rica han presentado transformaciones importantes por los retos que han enfrentado no solo por los cambios en el mercado, sino también por situaciones provocadas por el cambio climático, que los han llevado a tomar nuevas alternativas para la producción eficiente del grano. Entre 2018 y el 2019, Costa Rica produjo 1,7 millones de fanegas (1 fanega = 258 kg), cuando el promedio histórico superaba los 2 millones anuales (Matamoros *et al.*, 2020).

La producción de café es un proceso fisiológico que involucra distintos cambios fenológicos donde la etapa reproductiva comienza desde la inducción e iniciación floral, cuando solo se observa un hinchamiento en la axila de la hoja, del cual posteriormente emergerán yemas diferenciadas de 2,0 mm (Arcila *et al.*, 2002).

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 las precipitaciones propicia múltiples eventos de floración sobre un largo periodo de tiempo, lo que repercute en múltiples recolecciones selectivas de frutos maduros de café realizadas de forma escalonada durante el tiempo de cosecha (Unigarro *et al.*, 2019).

El uso de los bioestimulantes a lo largo de los años ha mostrado grandes ventajas en la motivación y aceleración de procesos fisiológicos en las plantas cultivadas, los que consumen escasa energía no renovable y no son contaminantes del medio ambiente (Díaz y Márquez, 2011).

La utilización de estos en la agricultura tales como: bioplaguicidas, biofertilizantes y activadores de la floración y fructificación, han sido logros importantes. Así mismo, se ha comprobado que los extractos de algas

marinas son efectivos para potenciar procesos fisiológicos en plantas, dada la alta concentración de sustancias bioquímicas que hacen más eficiente el desarrollo vegetal (Cargua *et al.*, 2019).

En el tema de 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, donde la aplicación de GA₃ (100 mg.L⁻¹) indujo la uniformidad de yemas florales y aumentó la apertura floral (Ramaiah y Venkataramanan, 1988).

En otros cultivos perennes como el mango, la aplicación foliar de nitrato de potasio (KNO₃) ha sido utilizada para estimular la floración, la retención de frutos y la producción por árbol (Oosthuysen, 2015).

Algunos bioestimulantes fueron empleados por Moisés *et al.* (2015) para aumentar los procesos de absorción y translocación de nutrientes en las plantas; dado que estos permiten mejorar el desarrollo del cultivo cuando interactúan creando simbiosis entre sí.

Dentro de estos bioestimulantes se destaca un preparado a base de extracto de algas, como acción sinérgica, empleado en el proceso de cuajado en frutos; producto natural y ecológico que estimula los procesos fisiológicos. Contiene un balance de L- α -aminoácidos específicos, polisacáridos (como ácido alginico y manitol, entre otros) y betainas procedentes de un extracto seleccionado de algas (*Ascophyllum nodosum*), lo que permite una mejor regulación fitohormonal de la planta, y optimiza los procesos de división celular y movilización de reservas, actuando en los órganos en crecimiento, manteniendo su equilibrio fisiológico, empleándose en cultivos como: cítricos, olivo, frutos rojos, hortalizas de frutos, cereales, frutos tropicales, lo que otorga resultados alentadores en la floración y producción de frutos (BIOIBÉRICA, 2019).

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 que se impone la necesidad de valorar el uso de un bioestimulante en el cultivo del café, buscando respuestas favorables ante las dificultades que han experimentado en la floración, fructificación y amarre del grano, provocado por trastornos fisiológicos derivados del impacto del cambio climático.

Teniendo en cuenta las investigaciones precedentes, se propone como objetivo del estudio evaluar la influencia de un bioestimulante a base de un extracto de algas sobre la floración, maduración y calidad de los frutos en el cultivo del café.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó desde julio del 2018 hasta diciembre del 2019, en una finca de café localizada en la provincia de Alajuela, cantón San Pedro de Póas, finca La Hilda, Lote Murillo, Costa Rica, ubicada geográficamente a los 10°4'31.325" de Latitud Norte y -84°14'42.316" de Longitud Oeste (Figura 1), a una altura sobre el nivel medio del mar de 1.116 m, predominado los suelos rocosos, con topografía ondulada y poco profundos (SEPSA, 2015).



Figura 1. Localización geográfica de la finca comercial de café: La Hilda, cantón San Pedro de Póas, Lote Murillo, provincia Alajuela, Costa Rica.

Se emplearon plantas de café (*C. arabica*) de la variedad Sarchimor (T5296) de 25 meses de plantada. Todas las prácticas agrícolas aplicadas a la plantación durante la fase experimental se mantuvieron de acuerdo con el manejo tradicional del cultivo, desde el control de malezas hasta la aplicación de productos químicos empleados en la vigilancia de problemas fitosanitarios.

Bioestimulante evaluado

Se evaluó el efecto sobre la floración, maduración y calidad de los frutos de café por la aplicación del nuevo inductor, compuesto por L- α -aminoácidos específicos, polisacáridos y betainas, procedentes de un extracto seleccionado de algas (*Ascophyllum nodosum*) (BIOIBÉRICA, 2019).

Diseño experimental

El estudio fue instalado en un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Se evaluaron 12 plantas por tratamiento, sembradas a una distancia de plantación de 2,35 m x 1,00 m., evaluándose un total de 48 plantas. Los tratamientos y número de aplicaciones se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos y número de aplicaciones con el Bioestimulante en cafetales en Alajuela, Costa Rica.

Tratamientos	N° aplicaciones	Momento de la aplicación		
		Julio 2018 (1ª quincena)	Marzo 2019 (2ª quincena)	Mayo 2019 (1ª quincena)
1	2			
2	3			
3	0	Sin aplicación		

Aplicación de los tratamientos

Se aplicaron 3 L.ha⁻¹ del bioestimulante en tratamientos con 2 y 3 aplicaciones al follaje, en dos épocas, empleando una bomba de alta presión marca ECHO, con capacidad de 25 L de doble pistón con boquillas tipo MN-D-6 y un gasto por boquilla de 1,16 L/min.

Las variables evaluadas fueron: número de nudos en producción, estimulación y cuaje floral, nudos productivos para el próximo ciclo y calidad de los frutos. Para determinar la estimulación floral se cuantificó el número de frutos cuajados en las bandolas 10-20-30, y se registró el número de frutos cuajados entre nudos.

- Frutos cuajados entre 6 y 10 nudos
- Frutos cuajados entre 11 y 15 nudos
- Frutos cuajados entre 16 y 20 nudos
- Frutos cuajados mayor a 20 nudos

Con respecto a la calidad de los frutos se analizó el peso y densidad del fruto cereza, porcentaje de fruto vano, niveles de grados Brix, frutos cereza por litro y rendimiento por hectárea.

Los datos de las variables analizadas se sometieron a un proceso de verificación de normalidad y homogeneidad de varianza. Una vez cumplidos los supuestos paramétricos, fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, 0,05). El software estadístico utilizado fue el SAS 9.1 (SAS, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de nudos en producción

El mayor número de nudos en producción, se logró al aplicar el bioestimulante en dosis de 3 L.ha⁻¹ con dos y tres aplicaciones foliares sobre el cultivo (1ª diferenciación, julio 2018, 2ª estimulación, marzo 2019 y 3ª en el cuaje, mayo 2019) (Gráfico 1). Con 2 aplicaciones se alcanzaron los mayores valores (612 nudos como promedio en producción), con diferencias estadísticas significativas respecto al Testigo, pero sin diferencias cuando se realizaron 3 aplicaciones. En ambos tratamientos se lograron más de 400 nudos en producción,

mientras que el testigo se mantuvo por debajo de este valor.

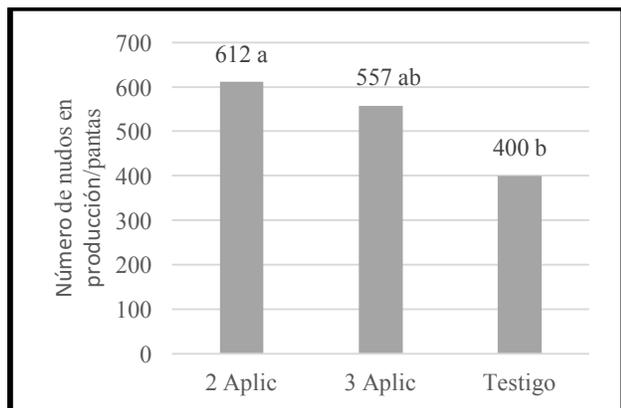


Gráfico 1. Promedio del número de nudos en producción en el cultivo del café con la aplicación del Bioestimulante en Alajuela, Costa Rica.

Promedios con la misma letra no difieren significativamente (Tukey $p < 0,05$).

La respuesta fisiológica de la planta de café con respecto al bioestimulante fue significativa, debido al efecto potencializador metabólico y regulador del crecimiento, generado en la planta, lo cual influye en el cuajado de los frutos (BIOIBÉRICA, 2019). Según Du Jardín (2015), los bioestimulantes activan en la planta algunos compuestos orgánicos (fenoles, vitaminas, polisacáridos, betaínas que regulan el desarrollo y el balance fisiológico en el cultivo.

Arcila *et al.* (2007) plantearon que los nudos de las ramas son importantes porque en ellos se originan las flores, cuando las condiciones climáticas son óptimas. Reportes de Santistevan (2013), revelaron que el número de nudos en producción fue un aspecto que también varió entre cultivares, por lo que la sustitución de las variedades tradicionales por nuevos híbridos, constituye una alternativa favorable para el incremento de la producción. Por su parte Jaramillo y Valencia (1980), mencionaron que los nudos producidos en las ramas de café, es algo que sucede unos meses antes que la floración, por tanto, los factores que influyen en el crecimiento vegetativo, se relacionan indirectamente con el número de botones florales, lo cual está relacionado también, con la sanidad del cultivo, la nutrición y la estimulación floral. Por lo que, el empleo de productos de origen biológico, mejoran la productividad de la planta como consecuencia de las propiedades novedosas o emergentes de los complejos bioquímicos que los constituyen.

Número de frutos cuajados entre 6 y 10 nudos

En el número de frutos cuajados entre 6 y 10 nudos, los tratamientos con 2 y 3 aplicaciones con valores de 93 y 75 frutos no obtuvieron diferencias estadísticas entre ellos, pero sí con el Testigo sin tratar que logró valores inferiores a 39 frutos cuajados (Gráfico 2).

Tales resultados concuerdan con los obtenidos por Unigarro *et al.* (2019), en otras investigaciones, con el empleo de algunos productos para estimular la floración y la producción de café en Colombia. En este caso el ácido giberélico (GA_3) y/o nitrato de potasio (KNO_3) durante el cuajado floral, repercutieron significativamente en la cantidad de frutos cuajados y en la distribución de la floración respecto al testigo.

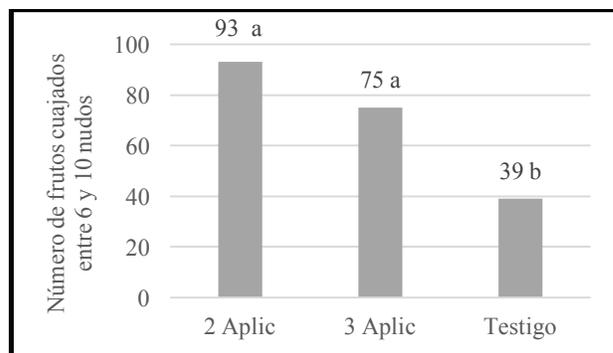


Gráfico 2. Promedio del número de granos cuajados entre (6 y 10 nudos) en el cultivo del café con la aplicación del Bioestimulante en Alajuela, Costa Rica.

Promedios con la misma letra no difieren significativamente (Tukey $p < 0,05$).

Sobre la incorporación de bioestimulantes, Martínez *et al.* (2015), afirmaron que es una alternativa para la sobrevivencia del cultivo del café, ya que favorecen la actividad biológica, el aprovechamiento de los nutrientes en asociación con las plantas y el crecimiento vegetal, de tal forma que los rendimientos se incrementen. Al respecto Plaza *et al.* (2015), señalaron que algunos compuestos influyen en el comportamiento agronómico y productivo de las plantaciones de *Coffea*, generando un mayor crecimiento y producción de granos cuajados en la planta. Resultados positivos se han obtenido en varios cultivos al aplicar el extracto de algas, como estimulador de los procesos fisiológicos que intervienen durante el cuajado de los frutos, respuestas obtenidas en cítricos, olivo, frutos rojos, hortalizas de frutos, cereales, frutos tropicales (BIOIBÉRICA, 2019), alcanzando efectos alentadores en la floración, producción y cuajado.

Número de frutos cuajados entre 11 y 15 nudos

Entre el 11 y 15 nudos, se marcó una tendencia al descenso en el cuajado de los frutos (Gráfico 3). Al aplicar el producto en este rango, no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, pero sí de estos con el Testigo, el cual obtuvo los menores valores promedios con 27 granos cuajados.

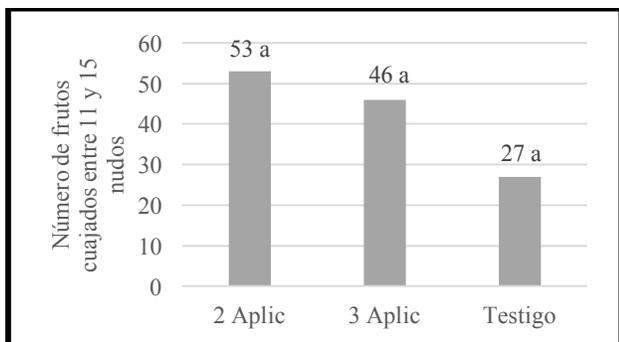


Gráfico 3. Promedio del número de frutos cuajados entre (11 y 15 nudos) en el cultivo del café con la aplicación del Bioestimulante en Alajuela, Costa Rica.

Promedios con la misma letra no difieren significativamente (Tukey $p < 0.05$).

Diversos informes de Hernández *et al.* (2010), han explicado la generación de sustancias con efecto regulador del crecimiento, por algunas bacterias y microorganismos, con resultado sobre diferentes procesos asociados al desarrollo y crecimiento de las plantas, así como en floración y fructificación.

Número de frutos cuajados entre 16 y 20 nudos y > 20 nudos

Entre 16 y 20 y más de 20 nudos, el número de frutos cuajados se mantuvo con tendencia a la disminución. No encontrándose diferencias estadísticas cuando se aplicó el bioestimulante en dos o tres aplicaciones al cultivo, pero sí de estos con el Testigo sin aplicación, quien continuó manifestando los menores valores en cada evaluación y rango (Gráfico 4).

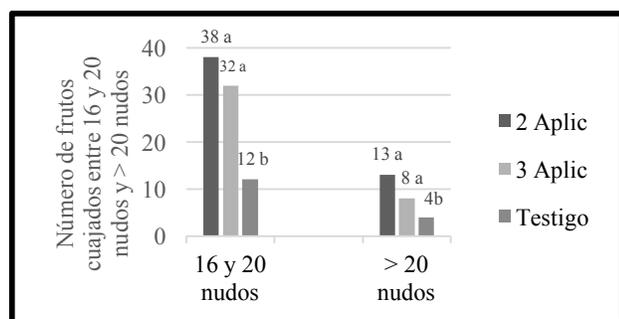


Gráfico 4. Promedio del número de frutos cuajados entre 16 y 20 nudos y > 20 nudos en el cultivo del café con la aplicación del Bioestimulante en Alajuela, Costa Rica.

Promedios con la misma letra no difieren significativamente (Tukey $p < 0,05$).

Después de 20 nudos comenzó a disminuir de forma notable el promedio de frutos cuajados.

En la agricultura el uso de inductores ha logrado incrementar la floración y por ende, la producción de frutos. No obstante, en café esta alternativa ha sido poco explorada (Unigarro *et al.*, 2019). Por lo que Browning (1973) sugirió el aumento endógeno del contenido de GA₃ como el estímulo que necesitan las yemas florales para romper la dormancia y superar parcialmente la necesidad de un período seco de magnitud moderada y un mayor cuajado del grano.

De acuerdo con Unigarro *et al.* (2019), cuando se presentan múltiples eventos de lluvia durante la temporada de floración en café, el desarrollo de las yemas florales no se sincroniza, incrementando el número de eventos florales, lo cual puede hacer menos efectiva la acción de los bioestimulantes. Por lo que hay que tener en cuenta el efecto negativo de las precipitaciones y definir el momento oportuno para la aplicación de estos.

Nos encaminamos hacia un modelo que contempla el paso de la fertilización tradicional o convencional, mediante el uso de abonos procedentes de energía fósil a la utilización cada vez más de recursos naturales y biológicos (*extractos de plantas, ácidos húmicos, algas, bacterias, aminoácidos y hongos beneficiosos*), los llamados bioestimulantes, los cuales aportan sustancias activas que provocan la mejora de la fisiología, una mayor protección y desarrollo de la planta y una mejora de la calidad de los frutos, por una fertilización más natural (Martínez, 2018).

Nudos productivos para el próximo ciclo

El mayor número de nudos productivos para el próximo ciclo, se logró al aplicar el producto en dosis de 3 L.h⁻¹ en los tratamientos con dos y tres aplicaciones foliares sobre el cultivo, sin diferencias estadísticas entre ellos, pero si con el Testigo sin aplicación quien obtuvo valores por debajo de 400 nudos para el siguiente ciclo productivo (Gráfico 5).

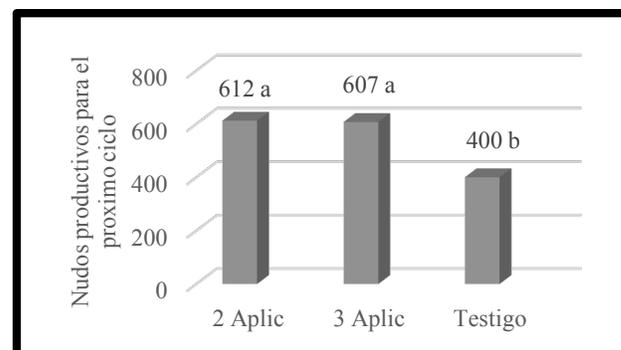


Gráfico 5. Nudos productivos para el próximo ciclo en el cultivo del café con la aplicación del Bioestimulante en Alajuela, Costa Rica.

Promedios con la misma letra no difieren significativamente (Tukey $p < 0,05$).

La aplicación del bioestimulante, ofreció un mayor crecimiento de las bandolas, la misma que está directamente relacionado con este indicador, pues lógicamente al darse mayor crecimiento plagiotrópico de las mismas, mayor es el número de nudos productivos formados (Canales, 2017).

Según Ramírez (1996), los nudos productivos varían cada año hacia el extremo de las bandolas (crecimiento plagiotrópico) y en sentido vertical del tallo (crecimiento ortotrópico), donde también se acumulan números de nudos improductivos y defoliados de la cosecha anterior. En el cultivo del café, varios investigadores han reportado bioestimulantes sobre la germinación de la semilla, sobre el desarrollo de posturas de cafeto y su repercusión en la plantación futura (Díaz y Márquez, 2011; Adriano *et al.*, 2011; Valverde *et al.*, 2020). Sin embargo, el empleo de estos compuestos en la estimulación floral y fructificación del cafeto no habían sido estudiados hasta el momento. Según investigaciones realizadas por Coa *et al.* (2015) la ocurrencia de la antesis en el café, no es absoluta por lo que algunos botones florales se mantienen latentes durante tiempos variables en espera de condiciones que estimulen el paso hacia la apertura floral, lo que el empleo de los bioestimulantes en esta fase contribuyen de manera más efectiva a la estimulación y cuajado del grano, reduciendo

además los efectos negativos del estrés asociado a la nutrición, las relaciones con el agua, la estructura del suelo y el cambio climático (González *et al.*, 2015).

Calidad del grano y rendimiento/ha

En los resultados obtenidos en la estimación de la calidad del grano se pudo observar que el mayor peso del fruto cereza se alcanzó con tres aplicaciones, con valores de 1,93 g que se diferenció estadísticamente respecto a dos aplicaciones, con pesos promedios de frutos cereza de 1,87 g; sin embargo, estos no difirieron respecto al testigo, lo que indica que no hubo respuesta de la planta en cuanto a esta variable, al aplicar el extracto (Cuadro 2).

En el número de botones florales, la producción de café cereza y en el crecimiento vegetativo, Unigarro *et al.* (2019), no obtuvieron resultados positivos al aplicar GA₃ y/o nitrato de potasio (KNO₃), al igual que Sosa y Salamanca (2011), al evaluar varios fertilizantes foliares en la producción de café. Contrario a estos investigadores, en este trabajo fueron observados resultados discretos con este extracto de alga, el cual logró mayor peso de los frutos cereza con 3 aplicaciones, dado quizás por el amarre del grano en el momento oportuno.

Cuadro 2. Calidad del grano y rendimiento por hectárea en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) con la aplicación del Bioestimulante en Alajuela, Costa Rica. *Promedios con la misma letra no difieren significativamente (Tukey p < 0,05).*

Tratamiento	Peso de frutos cereza (g)	Densidad de frutos cereza (cc)	No. de frutos vanos	Grados BRIX	Frutos cerezas/litro	Rendimiento Kg. ha ⁻¹
2 aplicaciones	1,87 b	3,02 a	5,10 a	16,50 a	330 a	3793 a
3 aplicaciones	1,93 a	3,07 a	4,80 a	15,45 a	316 b	3719 a
Testigo	1,91 ab	3,20 a	4,90 a	15,50 a	312 b	2177 b

En lo referente a las variables densidad de frutos cereza (cc), número de frutos vanos (sin semilla), y grados BRIX, estas no se vieron influenciadas significativamente por la aplicación del producto.

La variable, frutos cerezas por litro obtuvo diferencias, solo cuando se realizaron dos aplicaciones, lo que indica que no hubo una respuesta positiva con el aumento de las aplicaciones o sin aplicar.

En cuanto al rendimiento por hectárea (kg), los mejores resultados fueron obtenidos al realizar dos y tres aplicaciones foliares sobre el cultivo, sin diferencias estadísticas entre ellos, pero sí con el testigo sin tratar. Destacándose que éste último produjo entre 57,5-58,5 % menos de rendimiento que los tratados con el bioestimulante. Hasta la fecha, algunos productos aplicados en café tales como: Starlite, Humega, Micorriza y Evergreen, en comparación con la Urea (Valverde *et al.*, 2020), mostraron una respuesta fisiológica significativa de la planta, como compuestos biogénicos, potenciadores o

reguladores del crecimiento, en la formación de ramas y activación de clorofila. Evidenciándose que el nuevo producto a base de extractos de algas, representa una alternativa oportuna a considerar en la caficultura costarricense.

CONCLUSIONES

El empleo del nuevo bioestimulante a base del extracto de algas con dos y tres aplicaciones foliares sobre el cultivo del café, mostró resultados positivos en las fases de diferenciación, estimulación y cuajado del grano, representando una alternativa ecológica viable con influencia favorable en la floración y maduración, que puede llegar a incrementar hasta en 74% los rendimientos del cultivo.

LITERATURA CITADA

- Adriano, A.M., Jarquín Gálvez J., Hernández R. R., Figueroa C., Salvador M. y Vargas M. C. T. 2011. Biofertilización de café orgánico en etapa de vivero en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(3):417-431.
- Arcila, J., F. Farfán, A. Moreno, L. Salazar y E. Hincapié. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia. 309 p. Primera Ed. CENICAFÉ, Chinchiná, Colombia.
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/720/1/Sistemas%20producci%C3%B3n%20caf%C3%A9%20Colombia.pdf>
- 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.
- Bernier, G. 1988. The control of floral evocation y morphogenesis. Annual Review of Plant Physiology and *Plant Molecular Biology*, 39, 175-219.
- BIOIBÉRICA. 2019. "Equilibrium". Hoja de seguridad Plant Health Division. (Barcelona)-SPAIN. 10 pp.
https://www.planthealth.es/images/estresVegetal/productos/hojasSeguridad/MSDS_Equilibrium_ES.pdf
- 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.
- Bunn, C., Läderach, P., Rivera, O. O. y Kirschke, D. 2015. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. *Climatic Change*, 129(1):89-101.
- Canales, H. A. D. 2017. Efecto del riego en crecimiento y rendimiento del café (*Coffea arabica* L.) CATRENIC, Nicaragua. *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(4):17-22.
- Cargua, Ch. J., Orellana C. G. L., Cuenca T. A.C., Cedeño G. G.A. 2019. Eficacia de bioestimulantes sobre el crecimiento inicial de plantas de fréjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Espamciencia*. 10 (1):14-22.
- Coa, M., Silva-Acuña, R., Méndez Natera, J. R. y Mundarain Padilla, S. 2015. Fenología de la floración del cafeto var. Catuaí Rojo en el municipio Caripe del estado Monagas, Venezuela. *Idesia (Arica)*, 33(1):59-67.
- Chia, E. L., Kankeu, S. R. y Hubert, D. 2019. Climate change commitments and agriculture sectoral strategies in Cameroon: Interplay and perspectives. *Cogent Environmental Science*, 5(1):1625740.
- Díaz, B.P.O y Márquez R.E. 2011. Validación de los biofertilizantes *Azotobacter*, *rhizobium* y *fosforina* en cuatro sistemas de cultivos en condiciones de producción. *Revista Avances*.13 (2):1-9.
- Díaz, A., Suárez Pérez, C., Díaz Milanés, D., López Pérez, Y., Morera Barreto, Y. y López, J. 2016. Influencia del bioestimulante FitoMas-E sobre la producción de posturas de cafeto (*Coffea arabica* L.). *Centro Agrícola*, 43(4): 29-35.
- Du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196:3-14.
- González, V. M. E., Rosales J. P., Castilla V.Y., Lacerra E.J. Á. y Ferrer V.M. 2015. Efecto del Bioenraiz[®] como estimulante de la germinación y el desarrollo de plántulas de cafeto (*Coffea arabica* L.). *Cultivos Tropicales*, 36 (1):73-79.
- Hernández, R.A., Heydrich P.M., Diallo, B., Mondher E.J. y Vandeputte O.M. 2010. Cell-free culture medium of *Burkholderia cepacia* improves seed germination and seedling growth in maize (*Zea mays*) and rice (*Oryza sativa*). *Plant Growth Regulation*, 60 (3):191-197.
- Jaramillo, R. A. y Valencia, A. G. 1980. Los elementos climáticos y el desarrollo de *Coffea arabica* L., en Chinchina, Colombia. *Cenicafé*. 31(4):127-144.
- Matamoros, Q.A., Mesén S. F. y Jiménez A.L. 2020. Efecto de fitohormonas y fertilizantes sobre el enraizamiento y crecimiento de mini-estaquillas de híbridos F1 de café (*Coffea arabica*). *Revista De Ciencias Ambientales*. 54(1):58-75.
- Martínez, V. 2018. Bioestimulantes, los fertilizantes del futuro. *Rev. Agro el Economista*. No. 30. p. 31.
- Martínez, R. E.; López, G. M.; Ormeño, O. E. y Moles, A. C. 2015. Manual teórico práctico. Los biofertilizantes y su uso en la agricultura. Ed. Prado. SAGARPA-COFUPRO-UNAM. 50 p.
<https://es.scribd.com/document/257227036/Manual-Teorico-practico-Biofertilizantes>
- Moisés, M. L.; Yonger, T. A. and Barraza, F. V. 2015. Ecological and economical alternative for *Coffea*

- arabica* L. seedling obtainment. *Cienc. Agríc.* 32(1):65-74.
- OIC (Organización Internacional del Café). 2014. Comercio mundial del café (1963-2013) reseña de los mercados, retos y oportunidades con que se enfrenta el sector. Vol. ICC 111-115. Rev.-1. London.
<http://www.ico.org/documents/cy2013-14/icc-111-5-r1c-world-coffee-outlook.pdf>
- 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.
- Paiva, P. 2000. Economic and social development in Latin America: The role of coffee. Presented at: World Coffee Conference. May 18. Hilton Park Lane, GBR.
http://www.ico.org/event_pdfs/paiva.pdf.
- Plaza, L. F.; Loo, R. G.; Guerrero, H. E. y Duicela, L. A. 2015. Caracterización fenotípica del germoplasma de *Coffea canephora* Pierre, base para su mejoramiento en Ecuador. *Revista ESPAMCIENCIA*. 6(1):7-13.
- Ramírez, R., J. E. 1996. Estudio de sistemas de poda de café por hileras y por lotes. *Agronomía Costarricense*, 20 (2):167-172.
- Ramaiah, P.K. y 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. y Majmudar, A.M. 1985. Tracking phosphorus patterns in mango (*Mangifera indica* L.) and possible relations to floral induction. *Fertilizer Research*, 6:s225-234.
- Sosa, O. y Salamanca J., A. 2011. Evaluación de fertilizantes foliares sobre la producción en café (*Coffea arabica* L.). *Ciencia y Agricultura*, 6 (2):19-26.
https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/view/321
- Santistevan, E. 2013. Caracterización fenotípica de 33 clones de café Robusta (*Coffea canephora*) en la comunidad Río Verde, Catón Santa Elena. 86 p. Tesis de Ingeniero Agropecuario. Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador.
<http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2243>
- SAS. 1996. Statistical analysis system: user's guide. SAS Institute, Cary, North Caroline, USA. 956 pp.
https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/sasdoc_91/stat_ug_7313.pdf
- Schroth, G., Laderach, P., Dempewolf, J., Philpott, S., Haggard, J., Eakin, H. y Eitzinger, A. 2009. Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 14 (7), 605-625. doi:10.1007/s11027-009-9186-5.
- SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2015. Boletín estadístico agropecuario N° 25. Serie Cronológica 2011-2014. InfoAgro, San José, CRC.
<http://www.infoagro.go.cr/BEA/BEA25/descargas/BEA25.pdf>.
- Unigarro, M., C.A.; Díaz B., L. M.; Trejos P., J. F. 2019. Efecto de dos inductores florales sobre la floración y producción de café. *Revista Cenicafé*, 70(2):19-29.
- Valverde, Y., Moreno-Quinto, J., Quijije-Quiroz, K., Castro-Landín, A., Merchán-García, W. y Gabriel-Ortega, J. 2020. Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arabica* L.). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(1):18-28.