



Nuevo bioestimulante de floración y maduración en café (*Coffea arabica* L.)¹

New biostimulant for flowering and ripening in coffee (*Coffea arabica* L.)

Yeiner Chacón-Villalobos², Adriana Chacón-Sancho², Mariano Vargas-Chinchilla², Josep M^a Cerdà-Subirachs³,
Ricardo Hernández-Pérez⁴

- ¹ Recepción: 30 de setiembre, 2020. Aceptación: 3 de febrero, 2021. Este trabajo formó parte de una investigación desarrollada por el Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica y apoyada por Bioiberica S.A.U.
- ² Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, San José, Costa Rica. CP. 281-1000. yeinerch@icloud.com (<https://orcid.org/0000-0002-8987-2096>); adrichacon83@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-1489-061X>); mvargas@bse.cr (<https://orcid.org/0000-0001-9506-7002>).
- ³ Bioiberica S.A.U., Export Manager, Av. dels Països Catalans, 34, 08950 Esplugues de Llobregat, Barcelona, España. jmcerdas@bioiberica.com (<https://orcid.org/0000-0002-3036-365X>).
- ⁴ Profesores/Investigadores. Tecnológico Nacional México /Instituto Tecnológico de Zacatepec. Calzada Tecnológico No. 27, Col. Centro. Zacatepec, Morelos. México. C.P 62780. santaclara57@yahoo.es (autor de correspondencia; <https://orcid.org/0000-0003-1264-7242>).

Resumen

Introducción. Las variables climáticas han sido en el cultivo del café en la región centroamericana; las altas temperaturas, altos niveles de luz ultravioleta (UV), las precipitaciones y su intensidad, han causado serios problemas para el desarrollo del cultivo. Hay desequilibrios fisiológicos causantes de pérdidas en la estimulación y cuajes florales y, según la variedad, las mermas de la producción pueden ser superiores al 60 %. **Objetivo.** Conocer el efecto que tiene un nuevo bioestimulante sobre la floración, maduración y calidad de los frutos en el cultivo del café. **Materiales y métodos.** El trabajo se realizó durante los años 2018 y 2019, en la finca La Hilda, lote Murillo, localizada en la provincia de Alajuela, Cantón San Pedro de Póas, Costa Rica, bajo manejo agroecológico. Se evaluó el efecto de la aplicación de un producto bioestimulante foliar a dosis de 3 l ha⁻¹, certificado para producción en agricultura ecológica. Se utilizaron dos tratamientos, dos y tres aplicaciones, de bioestimulante y se compararon con un testigo absoluto. Los parámetros evaluados fueron: la estimulación y cuaje floral, nudos productivos para el próximo ciclo y calidad de los frutos. **Resultados.** No existieron diferencias estadísticas significativas entre los dos tratamientos del bioestimulante (3 l ha⁻¹) en contraste con el testigo. Al evaluar la mayor producción de frutos cuajados y mayor calidad de estos, cuando se realizaron las aplicaciones durante la fase de floración y fructificación, se obtuvo una homogeneidad de la maduración y mayor número de cerezas por ramas. **Conclusión.** El empleo del nuevo bioestimulante con dos aplicaciones foliares sobre el cultivo del café, estimuló la floración, maduración y calidad de los frutos respecto al testigo sin tratar.

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

Abstract

Introduction. Climatic variables have been affecting coffee cultivation on Central American region; high temperatures, high levels of ultraviolet light (UV), 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, and



depending on the variety, production losses can exceed 60 %. **Objective.** To determine the effect of a new biostimulant on flowering, ripening and fruit quality in coffee crop. **Materials and methods.** The work was carried out during the years 2018 and 2019, at La Hilda farm, Murillo lot, located in Alajuela province, canton San Pedro of Poas, Costa Rica, under agroecological management. The effect of the application of a foliar biostimulant product was evaluated at a dose of 3 l ha⁻¹, certified for organic production agriculture, was evaluated. Two treatments, two and three applications of bioestimulant were used and compared with an absolute control. The parameters evaluated were: stimulation and floral set, productive nodes for the next cycle, and fruits quality. **Results.** There were no significant statistical differences between the the two biostimulant treatments (3 l ha⁻¹) in contrast to the control. When evaluating the greater fruit set and fruit quality production, when applications were made during the flowering and fruiting phase, homogeneity of ripening, and a greater number of cherries per branch were obtained. **Conclusion.** The use of the new biostimulant with two foliar applications on the coffee crop stimulated the flowering, ripening, and fruit quality with respect to the untreated control.

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 (Organización Internacional del Café, 2014).

La caficultura tiene gran relevancia económica y social (Paiva, 2000), pero es susceptible a los cambios en los patrones de temperatura y precipitaciones (Bunn et al., 2015; Lin et al., 2008) y al impacto de los eventos climáticos extremos, como las lluvias torrenciales o los huracanes (Schroth et al., 2009). Algunas de estas alteraciones climáticas como: el incremento de la temperatura, aumento de los niveles UV, incertidumbre en el comienzo de las precipitaciones, entre otros, ya se han experimentado en diferentes países de Centroamérica (Magrin et al., 2014). Por lo que, los caficultores han comenzado a percibir cambios en las plantaciones, sobre todo en la floración, fructificación y producción de los cafetos, lo que ha generado la toma de medidas específicas de manejo para adecuarse a las variaciones percibidas. Estos desequilibrios fisiológicos en las plantas, causan trastornos en la estimulación y cuajes florales, con pérdidas, según la variedad, superiores al 60 % (Zuluaga et al., 2015).

La utilización de diferentes bioproductos en la agricultura tales como: bioplaguicidas, biofertilizantes, activadores de la floración y fructificación, han sido logros importantes que se han llevado a cabo desde hace algunos años y que en los momentos actuales cobran vital importancia (Martínez et al., 2013).

La aplicación de bioestimulantes en los cultivos de interés económico, ha recibido en los últimos años una renovada atención por parte de los investigadores y un significativo incremento en su producción y comercialización por las diversas empresas nacionales e internacionales, ya que ha sido constatada una mejoría en la cantidad y calidad de la producción final con su aplicación, con riesgos mínimos de contaminación ambiental (Zuaznabar-Zuaznabar et al., 2013).

Se han llamado bioestimulantes a cualquier sustancia o microorganismos que, al aplicarse a las plantas, son capaces de mejorar su eficacia, en absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico, abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independiente del contenido de nutrientes (du-Jardin, 2015), proporcionar incrementos adicionales en los rendimientos de los cultivos, estimular y vigorizar desde la germinación hasta la fructificación, reducir el ciclo del cultivo y potenciar la acción de los fertilizantes, lo que permite reducir entre 30 % y 50 % las dosis recomendadas (Díaz et al., 2016). Una parte significativa de la emisión de flores y frutos cuajados se produce como resultado de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, práctica común

en el sector cafetalero en Centroamérica, sobre todo en Costa Rica; al igual que en otras actividades agrícolas, se utiliza para estimular e incrementar los rendimientos productivos (Montenegro, 2020).

Los bioestimulantes pueden ser de diversas fuentes, están disponibles en el mercado y son elaborados con bacterias, hongos, algas, plantas, animales y materias primas que contienen humatos. Algunos han tenido respuesta en vivero a nivel fisiológico, como Starlite y Evergreen, los mejores en materia seca, Humega y Evergreen en el contenido de nitrógeno, también con buena respuesta las micorrizas y Starlite en lo referente a desarrollo morfológico, comparado con la urea (Valverde et al., 2020).

Dentro de los bioproductos se destaca Equilibrium[®], un producto bioestimulante de acción sinérgica, recomendado por Bioibérica (2019), para el cuajado equitativo de frutos, es natural y ecológico, estimula los procesos fisiológicos que intervienen durante el mismo. Contiene un balance de L- α -aminoácidos específicos, polisacáridos (como ácido alginico y manitol, entre otros) y betaínas procedentes de un extracto seleccionado de algas (*Ascophyllum nodosum*), promueve una mejor regulación fitohormonal de la planta, optimiza los procesos de división celular y la movilización de reservas, actúa en los órganos en crecimiento, mantiene un balance fisiológico, que ha sido empleado en algunos cultivos como: cítricos, olivo, frutos rojos, hortalizas de frutos, cereales, frutos tropicales, entre otros, con alentadores resultados en floración y producción de frutos. Por lo que se valoró su uso en el cultivo del café, como una respuesta favorable ante las dificultades que han experimentado los productores con la floración, fructificación y amarre del grano, provocado por trastornos fisiológicos derivados del impacto del cambio climático.

El objetivo de este trabajo fue conocer el efecto que tiene un nuevo bioestimulante sobre la floración, maduración y calidad de los frutos en el cultivo del café.

Materiales y métodos

El estudio se realizó desde el mes de 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 a nivel geográfico a los 10°05'28,34" de latitud norte y -84°14'42,316" de longitud oeste, a una altura sobre el nivel medio del mar de 1189 m, con los suelos rocosos, con topografía ondulada y poco profundos (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, 2011).

Se emplearon plantas de café (*C. arabica*) de la variedad Sarchimor (T5296) de veinticinco meses de plantada. Las actividades agrícolas aplicadas a la plantación durante la fase experimental se mantuvieron de acuerdo con el manejo tradicional de este cultivo. Estas incluyeron control de malezas y aplicación de plaguicidas para el control de los problemas fitosanitarios (Instituto del Café de Costa Rica, 2011). Se evaluó el efecto sobre la floración y maduración de los frutos de café del nuevo inductor Equilibrium[®] (Bioiberica, 2019), compuesto por L- α -aminoácidos específicos, polisacáridos y betaínas procedentes de un extracto seleccionado de algas (*Ascophyllum nodosum*).

Se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones (Cuadro 1). La parcela estuvo constituida de doce plantas por tratamientos, sembradas a una distancia de plantación de 2,35 m x 1,00 m, se evaluaron un total de 48 plantas.

Se realizaron aplicaciones foliares a razón de 3 l ha⁻¹, en dos y tres aplicaciones al cultivo, en dos fases fenológicas, en un volumen final de 400 l ha⁻¹ (Cuadro 2), con una bomba de aspersion 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⁻¹.

Los parámetros evaluados fueron: número de nudos en producción, cuaje floral y calidad del grano.

Cuadro 1. Tratamientos, dosis y número de aplicaciones realizadas del Bioestimulante Equilibrium® en el cultivo del café (*Coffea arabica* L) en Alajuela, Costa Rica. Julio 2018 - diciembre del 2019.

Table 1. Treatments, doses, and number of applications of the Equilibrium® Biostimulant in coffee (*Coffea arabica* L) crop in Alajuela, Costa Rica. July 2018 - December 2019.

Tratamientos		Dosis / No. de aplicaciones
T1	Bioestimulante	3 l ha ⁻¹ /dos aplicaciones
T2	Bioestimulante	3 l ha ⁻¹ /tres aplicaciones
T3	Testigo absoluto	-----

Cuadro 2. Tratamientos, aplicaciones, época y dosis aplicada del Bioestimulante Equilibrium® en el cultivo del café (*Coffea arabica* L) en Alajuela, Costa Rica. Julio 2018 - diciembre del 2019.

Table 2. Treatments, applications, time, and applied dose of the Equilibrium® Biostimulant in the coffee (*Coffea arabica* L) crop in Alajuela, Costa Rica. July 2018 - December 2019.

T1 3 l ha ⁻¹ en dos aplicaciones			
Aplicaciones	Época	Año	Dosis l ha ⁻¹
1°	1ª Quincena	Julio 2018	3,00 l ha ⁻¹
2°	2ª Quincena	Marzo 2019	3,00 l ha ⁻¹
T2 3 l ha ⁻¹ en tres aplicaciones			
Aplicaciones	Época	Año	Dosis l ha ⁻¹
1°	1ª Quincena	Julio 2018	3,00 l ha ⁻¹
2°	2ª Quincena	Marzo 2019	3,00 l ha ⁻¹
3°	1ª Quincena	Mayo 2019	3,00 l ha ⁻¹

El registro de los datos se efectuó teniendo en cuenta los tres niveles de la planta, tercio inferior, medio y superior (bandolas 10-20-30). Se registró el número de frutos cuajados entre nudos de la siguiente manera:

- Frutos cuajados de 1 a 5/nudo
- Frutos cuajados de 6 a 10/nudo
- Frutos cuajados de 11 a 15/nudo
- Frutos cuajados de 16 a 20/ nudo
- Frutos cuajados mayor a 20/nudo.

Para determinar la calidad de los frutos se analizó el peso y densidad del cerezo, porcentaje de fruto vano, niveles de grados Brix, frutos cereza 1¹ y rendimiento por hectárea.

Resultados

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 sobre el cultivo (1ª diferenciación, julio 2018, 2ª estimulación, marzo 2019 y 3ª en el cuaje, mayo 2019), respecto al testigo. En ambos tratamientos se alcanzó entre 350 y 400 nudos cuajados, mientras que el testigo mantuvo valores por debajo de 300 nudos con producción.

Frutos cuajados de 1 a 5 por nudo

Para el número de frutos cuajados de 1 a 5 por nudo, en las dos épocas evaluadas, no se observaron diferencias entre los tratamientos, los valores variaron entre 34,11 % y 35,40 % en el mes de junio y entre 40,10 % y 45,69 % en octubre, en este rango el testigo arrojó el 59,16 % de frutos logrados.

Frutos cuajados de 6 a 10 por nudo

En el número de frutos cuajados de seis a diez por nudo, no se percibieron diferencias entre los tratamientos del bioestimulante con dosis de 3 l ha⁻¹ con dos y tres aplicaciones al cultivo en las dos épocas evaluadas, los valores oscilaron entre 40,10 % y 34,26 %, respectivamente. Mientras que en el testigo hubo una disminución de frutos logrados, con porcentajes de 25,57 % y 28,06 % en los dos periodos analizados.

Frutos cuajados de 11 a 15 por nudo

Entre once a quince frutos por nudo, se marcó una tendencia al descenso en el cuajado de los frutos. No obstante, se pudo observar que el tratamiento 2 (3 l ha⁻¹ con tres aplicaciones) en las dos épocas evaluadas, logró el mayor porcentaje de frutos cuajados (20,41 %) en junio y (13,45 %) en octubre y con menores porcentajes en ambas épocas el tratamiento 1 (3 l ha⁻¹ con dos aplicaciones), con valores de 15,35 % y 11,42 %, respectivamente, mientras que el testigo se mantuvo por debajo del 10,43 % en el lapso evaluado.

Frutos cuajados de 16 a 20 y > 20 por nudo

Entre el cuaje de frutos de dieciséis a veinte por nudo, el número de frutos cuajados se mantuvo con tendencia a la disminución. Cuando se aplicó el bioestimulante en dos o tres aplicaciones al cultivo, se obtuvo el 5,20 % y 6,20 % de frutos, respectivamente, en el mes de junio y de 4,31% para ambos tratamientos en el mes de octubre. El testigo sin aplicación arrojó valores inferiores a 3,05 % de cuaje en cada época.

Cuajes mayor a veinte frutos por nudo, comenzó a disminuir de forma notable el promedio de frutos cuajados en ambos tratamientos, llegó a alcanzar valores inferiores a 2,28 %. En este intervalo el testigo evidenció porcentajes inferiores a 1,08 %.

En el Cuadro 3 se resumen los resultados sobre calidad del grano y rendimiento al comparar el bioestimulante con el testigo.

Calidad del grano y rendimiento por hectárea

Con respecto a la calidad de los frutos, se pudo comprobar que en el peso del fruto cereza, el tratamiento 2 (3 l ha⁻¹ con tres aplicaciones) mostró el mayor valor (1,93 g) con respecto al tratamiento 1 (3 l ha⁻¹ con dos aplicaciones), con valores por debajo de 1,50 g y con respecto al testigo, que manifestó pesos por debajo de 1 g.

Las variables densidad de frutos cereza (cc), número de frutos vanos (sin semilla) y grados brix, no se vieron influenciadas por la aplicación del bioestimulante.

En cuanto al rendimiento por hectárea, se lograron los mejores resultados al emplear Equilibrium® con dos y tres aplicaciones foliares sobre el cultivo (T1 y T2), sin diferencias estadísticas entre ellos, pero sí con el testigo sin tratar (T3). Se destaca que el testigo produjo entre un 57,5 y 58,5 % menos de rendimiento que los tratamientos con el bioestimulante.

Cuadro 3. Calidad del grano y rendimiento por hectárea en el cultivo del café (*Coffea arabica* L) con la aplicación del bioestimulante Equilibrium® en Alajuela, Costa Rica. Julio 2018 - diciembre del 2019.

Table 3. Grain quality and yield per hectare in the coffee (*Coffea arabica* L) crop with application of the Equilibrium® biostimulant in Alajuela, Costa Rica. July 2018 - December 2019.

Trat	Peso de frutos cereza (g)	Densidad de frutos cereza (cc)	No. de frutos vanos	Grados BRIX	Frutos cerezas/litro	Rendimiento kg ha ⁻¹
T1	1,87 b	3,02 a	5,10 a	16,50 a	330 a	3793 a
T2	1,93 a	3,07 a	4,80 a	15,45 a	316 b	3719 a
T3	1,91 ab	3,20 a	4,90 a	15,50 a	312 b	2177 b

* T1 Equilibrium® (3 l ha⁻¹ por dos aplicaciones), T2 Equilibrium® (3 l ha⁻¹ por tres aplicaciones). T3 Testigo absoluto. Columnas con letras iguales no difieren significativamente (Tukey p<0,05) / T1 Equilibrium® (3 l ha⁻¹ for two applications), T2 Equilibrium® (3 l ha⁻¹ for three applications). T3 Absolute control. Columns with the same letters not differ significantly (Tukey p<0.05).

Discusión

El empleo del bioestimulante Equilibrium® (Bioiberica, 2019), en la estimulación floral y fructificación del café, no había sido estudiado hasta el momento, como resultado de esta primera evaluación, el bioproducto mostró una mayor producción de frutos cuajados y mayor calidad de los mismos, cuando se realizaron dos o tres aplicaciones durante la fase de floración y fructificación, obteniéndose una homogeneidad en la maduración y mayor número de cerezas por ramas. Similares resultados se han obtenido en café con otros potencializadores metabólicos, con los que se generaron respuestas fisiológicas positivas (Valverde, 2020). Otros informes han recomendado el producto Equilibrium® en aplicaciones foliares sobre cítricos, frutales, uvas, olivo, frutos rojos, hortalizas, cereales y otros cultivos tropicales (Bioiberica, 2020), se considera como promotor de una mejor regulación fitohormonal de la planta, que optimiza los procesos de división celular y movilización de reservas, también actúa en los órganos en crecimiento, manteniendo su equilibrio fisiológico, por lo que constituye un producto natural y ecológico aprobado por Ecocert (2019).

Sobre la incorporación de bioestimulantes se afirmó 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 incrementan (Martínez et al., 2015). Al respecto, se señaló que algunos compuestos influyen en el comportamiento agronómico y productivo de las plantaciones de café y generan un mayor crecimiento y producción de granos cuajados en la planta (Plaza et al., 2015).

La utilización de estos compuestos en la agricultura como activadores de la floración y fructificación, han sido logros importantes. Asimismo, se ha comprobado que la incorporación de aminoácidos obtenidos de extractos de algas marinas, son efectivos para potenciar procesos fisiológicos en las plantas, dada la alta concentración de sustancias bioquímicas que hacen más eficiente el desarrollo vegetal (Cargua et al., 2019).

Algunos bioestimulantes, se han empleado para aumentar los procesos de absorción y translocación de nutrientes en las plantas, dado que estos permiten mejorar el desarrollo del cultivo cuando interactúan y crean simbiosis entre sí (Moisés et al., 2015).

Se realizaron algunos estudios en café 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 & Venkataraman, 1988), lo que también se puso de evidencia en este estudio al aplicar Equilibrium®, como una alternativa oportuna a considerar en la caficultura costarricense.

Conclusiones

El empleo del nuevo bioestimulante Equilibrium®, con dos aplicaciones foliares sobre la planta de café, estimuló la floración, la maduración y rendimiento.

Referencias

- Bioibérica. (2019). *Soluciones al estrés vegetal. Bioestimulantes. "Equilibrium"*. Plant Health Division. <https://www.planthealth.es/soluciones-estres-vegetal/bioestimulantes>
- Bioibérica. (2020). *Equilibrium®. Ficha Técnica. Bioestimulante de acción sinérgica para un cuajado equilibrado*. Bioiberica. <https://www.bioiberica.com/es/productos/salud-vegetal/bioestimulantes/equilibrium>
- Bunn, C., Läderach, P., Ovalle, O., & Kirschke, D. (2015). A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. *Climatic Change*, 129(1–2), 89–101. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>
- Cargua, C. 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. <https://www.researchgate.net/publication/342872795>
- Díaz, A., Suárez, C., Díaz, D., López, Y., Morera, 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. <https://biblat.unam.mx/hevila/Centroagricola/2016/vol43/no4/4.pdf>
- du-Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Ecocert. (2019). *Atestación de insumos utilizables en la agricultura ecológica, según reglamentos (CE) No. 834/2007 & 889/2008. Referencia 16333401ES1800n12S*. AgroGuadalimar. <https://agroguadalimar.com/wp-content/uploads/2019/09/ECOEquilibrium.pdf>
- Instituto del Café de Costa Rica. (2011). *Guía técnica para el cultivo del café* (1ª Ed.). Instituto del Café de Costa Rica. www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNIC- PDF file
- Lin, B. B., Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2008). Synergies between agricultural intensification and climate change could create surprising vulnerabilities for crops. *BioScience*, 58(9), 847–854. <https://doi.org/10.1641/B580911>
- Magrin, G. O., Marengo, J. A., Boulanger, J. P., Buckeridge, M. S., Castellanos, E., Poveda, G., & Vicuña, S. (2014). Central and South America. In V. R. Barros, C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, & L. L. White (Eds.), *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1499–1556). Cambridge University Press.
- Martínez, R. E., López, G. M., Ormeño, O. E., & Moles, A. C. (Eds.). (2013). *Manual teórico práctico. Los biofertilizantes y su uso en la agricultura*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A. C., & Universidad Nacional Autónoma de México. <https://studylib.es/doc/6148735/manual.-los-biofertilizantes-y-su-uso>

- Montenegro, J. (2020). Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno en la emisión de óxido nitroso en plantaciones de café en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 111–130. <https://doi.org/10.15359/rca.54-2.6>
- Moisés, L. G., Tamayo, Y., & Barraza F. V. (2015). Ecological and economical alternative for *Coffea arabica* L. seedling obtainment. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(1), 65–74. <https://doi.org/10.22267/rcia.153201.25>
- Organización Internacional del Café. (2014). *La Organización Internacional del Café de 1963 a 2013: 50 años sirviendo a la comunidad cafetera mundial*. www.ico.org/documents/cy2012-13/history-ico-50-years-c.pdf
- Paiva, P. (2000). *Economic and social development in Latin America: The role of coffee* [Presentation]. World Coffee Conference. http://www.ico.org/event_pdfs/paiva.pdf
- Plaza, L. F., Loor, R. G., Guerrero, H. E., & Duicela, L. A. (2015). Caracterización fenotípica del germoplasma de (*Coffea canephora* Pierre), base para su mejoramiento en Ecuador. *ESPAACIENCIA*, 6(1), 7–13. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4576/1/iniapeetpEC6.pdf>
- Ramaiah, P.K., & Venkataramanan, D. (1988). Studies on the effect of gibberellic acid on arabica coffee in India. *Journal of Coffee Research*, 18(1), 4751. [https://doi.org/10.1016/S0044-328X\(78\)80022-1](https://doi.org/10.1016/S0044-328X(78)80022-1)
- Schroth, G., Laderach, P., Dempewolf, J., Philpott, S., Hagggar, J., Eakin, H., & Ramirez, J. (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. <https://doi.org/10.1007/s11027-009-9186-5>
- Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. (2011). *Políticas de Estado para el Sector Agropecuario y el Desarrollo Rural Costarricense 2010-2021*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <http://www.infoagro.go.cr> y <http://www.mag.go.cr>
- Valverde, Y., Moreno, J., Quijije, K., Castro, A., Merchán, W., & Gabriel, 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. www.scielo.org/bo/pdf/jsars/v11n1/v11n1_a03.pdf
- Zuaznabar- Zuaznabar, R., Pantaleón, G. P., Milanés, N., Gómez, J. I., & Herrera, S. A. (2013). Evaluación del bioestimulante del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar FitoMás-E en el estado de Veracruz. México. *ICIDCA*, 47(2), 8–12. https://issuu.com/revistaicidca/docs/revista_icidca_vol_47_no_2_2013
- Zuluaga, V., Labarta, R., & Läderach, P. (2015, July 26-28). *Climate change adaptation: The case of coffee sector in Nicaragua* [Conference]. Agricultural & Applied Economics Association and Western Agricultural Economics Association Annual Meeting, San Francisco, California, United States of America. <https://ideas.repec.org/p/ags/aaea15/205875.html>