

Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arabica* L)

Biostimulants: An innovation in agriculture for coffee cultivation (*Coffea arabica* L)

Valverde-Lucio Yhony*, Moreno-Quinto Josselyn, Quijije-Quiroz Karen, Castro-Landín Alfredo, Merchán-García Williams, Gabriel-Ortega Julio

Datos del Artículo

Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, km 1.5 vía Noboa, Campus los Ángeles, Jipijapa, Manabí, Ecuador.

***Dirección de contacto:**

Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, km 11/2 vía Noboa s/n Campus los Ángeles, Jipijapa, Ecuador. Telf. +05-2600229.

Yhony Valverde-Lucio

E-mail address:
yhony.valverde@unesum.edu.ec

Palabras clave:

Materia seca, fisiología, morfología, clorofila, nitrógeno, correlación, medidas en el tiempo.

J. Selva Andina Res. Soc.
2020; 11(1):18-28.

Historial del artículo.

Recibido agosto 2019.
Devuelto noviembre 2019
Aceptado diciembre, 2019.
Disponible en línea, febrero 2020.

Editado por:
Selva Andina
Research Society

Key words:

Dry matter, physiology, morphology, chlorophyll, nitrogen, correlation, measurements over time.

Resumen

La investigación se realizó en Jipijapa en la localidad de Andil, el objetivo fue evaluar el comportamiento fisiológico y morfológico del café arábigo en la etapa de vivero a la aplicación de los bioestimulantes: Starlite, Humega, Micorriza y Evergreen, en comparación con la Urea. Se aplicó el diseño experimental completamente al azar, se empleó arreglo factorial de repeticiones en el tiempo en las variables morfológicas, la prueba de Tukey se aplicó a partir de las diferencias estadísticas encontradas. Los resultados obtenidos a nivel fisiológico, establecieron diferencia significativa $p < 0.05$ en las variables materia seca, humedad y nitrógeno (N), siendo los bioestimulantes Starlite y Evergreen los mejores en MS, y al Humega y Evergreen en contenido de N. Hubo mejor respuesta a la asimilación de clorofila (Cl) por parte de todos los bioestimulantes, superando de manera general a la urea, siendo los mejores Micorriza y starlite, estableciendo una correlación positiva alta entre el N y la Clorofila. En lo referente al desarrollo morfológico se encontró mejor respuesta de la urea, y a nivel de bioestimulantes, el Humega y la Micorriza expresaron mejores resultados, todos entre los 90 y 120 días.

© 2020. Journal of the Selva Andina Research Society. Bolivia. Todos los derechos reservados.

Abstract

The research was carried out in Jipijapa in the town of Andil, the objective was to evaluate the physiological and morphological behavior of Arabic coffee in the nursery stage to the application of biostimulants: Starlite, Humega, Micorriza and Evergreen, compared to Urea. The experimental design was applied completely at random, factorial arrangement of repetitions over time in the morphological variables was used, the Tukey test was applied based on the statistical differences found. The results obtained at the physiological level, established a significant difference $p < 0.05$ in the variables dry matter, humidity and nitrogen (N), with the biostimulants Starlite and Evergreen being the best in MS, and to the Humega and Evergreen in content of N. There was a better response to the assimilation of chlorophyll by all biostimulants, generally exceeding urea, being the best Micorriza and Starlite, establishing a high positive correlation between N and Chlorophyll. Regarding morphological development, a better urea response was found, and at the level of biostimulants, Humega and Mycorrhiza expressed better results, all between 90 and 120 days.

© 2020. Journal of the Selva Andina Research Society. Bolivia. All rights reserved.

Introducción

El café en el Ecuador, es un cultivo de gran importancia económica, ya que cuenta con 199 215 ha cultivadas, 68% corresponde a *Coffea arabica* y 32% *C. canephora*¹, distribuido en 23 de las 24 provincias del país, por tanto, está relacionado con un amplio tejido social y económico, esta última se basa en la generación de empleo para 105 000 familias productoras, así como 700 000 familias vinculadas a los procesos de comercialización, industrialización, transporte y exportación². Su producción se concentra en las provincias de Manabí (especialmente en la localidad de Jipijapa), Loja y estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes³.

Esta producción, presentó un comportamiento variable en los últimos quince años, período 2002-2011 se observó una tendencia creciente, con un cambio drástico el año 2012, produciendo una caída significativa del 69% respecto al año 2011. Este comportamiento fue ocasionado por un descenso del 8% en la superficie cultivada, con la caída del 62% en rendimiento, en ese periodo. La avanzada edad de las plantaciones y su renovación fueron las principales causas de este declive productivo⁴. Si bien Ecuador es uno de los pocos países que produce dos tipos de café, el Arábico y Robusta (*C. canephora*), la producción de café ha sufrido una vertiginosa caída desde los años 90's que no ha podido ser recuperada hasta la fecha⁵.

Un bioestimulante es 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, independientemente en el contenido de nutrientes⁶, proporciona incrementos adicionales en los rendimientos de los cultivos, estimula y vigoriza desde la

germinación hasta la fructificación. Reduce el ciclo del cultivo, potenciando la acción de los fertilizantes, lo que permite reducir entre 30 % y 50 % la dosis recomendadas⁷. Estos bioproductos, están asociados a la nutrición, relaciones con el agua, estructura del suelo, pH, metales pesados y patógenos⁸. Gracias a los bioestimulantes, las plantas obtienen nutrientes capaces de reducir los impactos no deseados al medio ambiente, a la vez que aseguran que los agricultores obtengan un mayor retorno en sus inversiones. Mejoran la calidad de los cultivos: Con su uso, el cultivo tiene una mayor calidad (contenido en azúcares, color, firmeza y absorción de nutrientes)⁹.

En una investigación realizada en México, evaluó la respuesta de las plantas de café en etapa de vivero, manejaron bajo un enfoque ecológico, utilizaron tres abonos orgánicos (AO) (composta, bocashi y vermiabono) bajo diferentes proporciones (25, 50, 75 y 100%), indican que los AO dieron mejores beneficios en la producción de plantas de café, sobresaliendo 25 y 50%¹⁰. Para el número de hojas la proporción mayor fue al 50% de composta, cuantificándose mayor peso seco y verde de raíz, tallo y hojas, lo que considera como un tratamiento pertinente para la producción de plántulas de café en la etapa de vivero¹⁰.

Estudios realizados en Manabí identificaron mejores características productivas en las variedades: Sarchimor (18%), Caturra (17%) y Catuai (14%)⁴. En tanto las variedades e híbridos promisorios de café que se adaptan mejor y presentan características morfológicas deseables a las condiciones agroecológicas de la zona Sur de Manabí son las variedades: Pache, Caturra rojo-Pichilingue, Acawa, Híbrido Catimor 8664 y el Híbrido Sarchimor 4260¹¹.

En Ecuador no existen trabajos de rigor científico que hayan evaluado bioestimulantes de línea orgánica en la producción de café arábigo en etapa de vivero, en este sentido el objetivo de este trabajo fue el identificar los bioestimulantes que contribuyan a mejorar las características morfológicas y fisiológicas de las plantas de café arábigo en vivero.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se desarrolló en la finca de la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM) perteneciente al cantón Jipijapa, cuenta con un clima estepa local considerado BSh, una variante del clima subtropical seco y del semi-árido cálido, la temperatura media anual es 23.7 °C, la precipitación promedios es de 537 mm¹².

Las semillas fueron seleccionadas de un cultivo de café Sarchimor 42-60 (5 años), que es de UNESUM, se utilizó 0.5 kg, se sembró en un semillero de 1 m x 1 m, las semillas germinaron en un promedio de 45 días, a los 60 días fueron trasplantadas a las fundas (23 cm x 10 cm). El sustrato fue preparado con un 40 % tierra negra, 40 % arena de río, y 20 % de compost a fin de garantizar su textura y fertilidad. El sustrato fue desinfectado con un producto comercial (Imbio neen), de origen natural que actúa como fungicida e insecticida.

Para el desarrollo del ensayo se construyó un vivero de caña guadúa, cady, sarán, con dimensiones de 4 x 4 m, se construyeron las platabandas para un manejo de la investigación.

El desarrollo de la investigación implicó trabajo de laboratorio, se midió materia seca MS, humedad (H), nitrógeno (N), absorción de clorofila (Cl), y la toma de datos de aspectos morfológicos, que midió las variables, altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT) y número de hojas (NH).

Los equipos y métodos utilizados a nivel de laboratorio, fueron: para medir MS y H, se requirió en promedio 300 g de hojas por tratamiento, se utilizó una estufa de gran capacidad, con ventilación por aire forzado, con un volumen interior de 270 dm³ para la determinación a 102 °C y 60 °C, respectivamente, con bandejas perforadas con orificios de 1 cm y situadas a 20 cm de distancia entre dos sucesivas, considerando un tiempo de desecación de 24 h. En función de la temperatura de secado, se obtuvieron los % de MS: a 60 °C (MS60) y a 102 °C (MS102), pesando en caliente¹³.

Las pruebas de laboratorio se realizaron en la UNESUM, laboratorio de Bromatología, la medición del N, se realizó, utilizando el método Kjeldahl, técnica que digiere los nitrógenos y otros componentes orgánicos de los alimentos en una mezcla con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. Las reacciones llevadas a cabo en el método de Kjeldahl fueron: digestión, catalización y titulación¹⁴, el factor proteico aplicado fue el de 6.25.

Las Cl tienen típicamente dos grupos de absorción en el espectro visible: En la zona de la luz azul (400-500 nm). En la zona roja del espectro (600-700 nm). Las Cl reflejan la parte media de color verde (500-600 nm), se empleó un: Sonicador Ultrasónico o mortero de vidrio, centrifuga de mesada: 3000 rpm, solución saturada de MgCO₃, el procedimiento consistió en agregar 1 g de MgCO₃ a 100 mL de agua reactivo, filtrar sobre membrana de fibra de vidrio de 1 µm de poro, aplicación de acetona 90%¹⁵.

Para identificar el bioestimulante que propicie mayor desarrollo morfológico en plántulas de café arábigo (*C. arabica*) en etapa de vivero se tomaron datos de: AP (cm), empleando una regla graduada, DT (mm) empleando un calibrador Vernier, y NH.

Análisis estadístico. Se aplicó en las pruebas de laboratorio el diseño completamente al azar, y en la

medición morfológica se utilizó el diseño experimental completamente aleatorio, con repeticiones en el tiempo¹⁶. Considerando los tiempos como factor A: 30, 60, 90, y 120 días, el factor B: fueron los tipos de bioestimulantes orgánicos, Humega, Evergreen, Starlite, Micorriza y como testigo la urea. Se establecieron 17 tratamientos, 16 por combinación de factores y el testigo que en este estudio fue la urea. Cada tratamiento tuvo 15 unidades experimentales (UE) (plantas), empleándose un total de 75 plantas.

Previo análisis de varianza se determinó si las variables de estudios tenían distribución normal y homogeneidad de varianzas, las que fueron ratifica-

das. Por tanto, procedió a aplicar el ANOVA y la correlación de Pearson. El análisis estadístico se realizó en el software Infostat; la comparación de las medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 0.05 % de probabilidad¹⁶.

Resultados

La evaluación del comportamiento fisiológico (contenido de N) de café arábigo (*C. arabica*), se realizó la toma de muestras de cada uno de los tratamientos, a partir de las hojas de las plantas, se deshidrataron hasta obtener MS y contenido de N (tabla 1).

Tabla 1 Resultado de los análisis de laboratorio y su significancia

Bioestimulantes	Nitrógeno	Humedad	MS
Plantas con Urea (Testigo)	2.9 ^a	70.23 ^a	30.4 ^b
Plantas con Humega	2.88 ^{ab}	68.04 ^b	31.26 ^b
Plantas con Evergreen	2.87 ^{abc}	68.25 ^{ab}	31.7 ^{ab}
Plantas con Micorriza	2.84 ^{bc}	69.06 ^{ab}	31.12 ^b
Plantas con Starlite	2.82 ^c	67.11 ^b	32.89^a
P valor	0.0226	P= 0.0069	0.0418

Los literales en las columnas corresponden a la prueba de significación según Tukey al P<0.05 de probabilidad. MS Materia seca.

El análisis de H reportó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, con un p-valor de 0.0069. El resultado obtenido motivó la aplicación de prueba de tukey, cuyo resultado expresa que la urea como testigo presentó mejor respuesta fisiológica frente al resto de tratamientos, en orden de importancia estuvieron los bioestimulantes Humega y Starlite. En lo que respecta a MS, los mejores resultados se presentaron por los bioestimulantes Starlite, Humega y Evergreen respectivamente. El ANOVA en función al p-valor que se obtuvo de 0.0418, estableció diferencia significativa con 95% de confianza, lo que motivó el respectivo análisis de significación, mismo que determinó alto contenido de MS en los bioestimulantes.

Los resultados del análisis de N, ratifican los obtenidos en la determinación de H, Con un p-valor de 0.0226 lo que implica diferencia estadística entre tratamientos con el 95 % de confianza, los análisis de los resultados por medio de la prueba de significación de tukey, estableció como mejor tratamiento al testigo, seguido de los bioestimulantes Humega y Evergreen respectivamente, contrario a lo que se podría suponer con respecto al contenido de MS, el hecho de existir más contenido de MS no garantizó mayor presencia de N.

En lo que respecta a la determinación del bioestimulante que incide en una mejor absorción de Cl y su relación con el contenido de N. Se realizó la respectiva prueba de laboratorio, se aplicó el método de

absorbancia. El ANOVA dio como resultado alta significancia a nivel de bioestimulantes, con un 99% de confianza, la tabla 2, se describe la diferencia

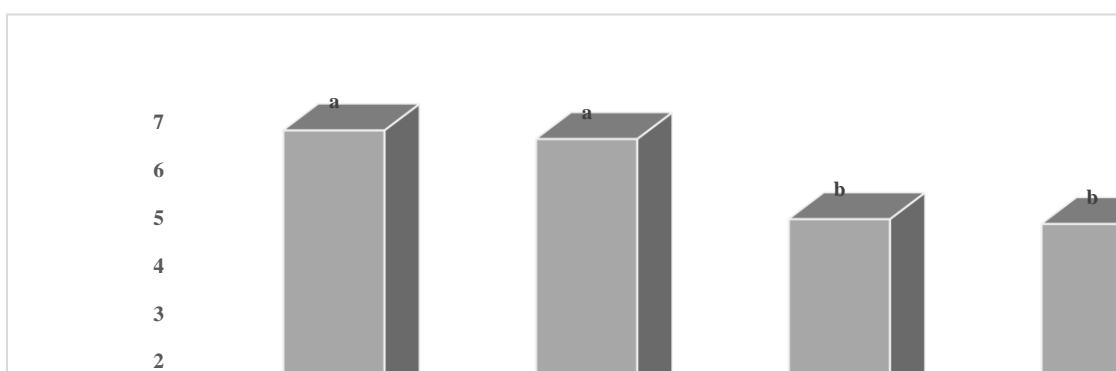
altamente significativa entre tratamientos con un p-valor de 0.0039.

Tabla 2 Análisis de la varianza absorción de clorofila

F.V.	gl	CS	CM	F	p-valor
Bioestimulantes	4	12.46	3.12	7.9	0.0039**
Error	10	3.94	0.39		
Total	14	16.4			

CV: 12.06

Figura 1 Análisis de varianza para absorción de clorofila



La prueba de significación de la variable Cl, se determina como mejores tratamientos a los bioestimulantes Micorriza y Starlite (figura 1).

En lo referente a la identificación del bioestimulante que propicie mayor desarrollo morfológico en plántulas de café arábigo (*C. arabica*), fue necesario hacer un análisis integral del ensayo (tabla 3), realizando un análisis de medidas repetidas en el tiempo (30, 60, 90 y 120 días).

tulas de café arábigo (*C. arabica*), fue necesario hacer un análisis integral del ensayo (tabla 3), realizando un análisis de medidas repetidas en el tiempo (30, 60, 90 y 120 días).

Tabla 3 Análisis de varianza variables morfológica

F.V.	gl	CM	AP	NH	DT
Bioestimulante	4	0.95	0.024*	0.8031ns	0.9806ns
Tiempo	3	112.55	<0.0001**	<0.0001**	0.0044**
Bioestimulante*Tiempo	12	2.79	0.994ns	0.1777ns	0.5433ns
Error	40	1.9			
Total	59				

ns= no significativo. * Significativo al p<0.05 de probabilidad. ** Altamente significativo al p<0.01 de probabilidad. AP Altura de planta, NH Numero de hojas, DT Diámetro de tallo.

Se aplicó el diseño completamente al azar con observaciones en el tiempo, se sumó el factor tiempo al factor bioestimulantes. Las variables analizadas que se relacionan con el desarrollo morfológico de la planta fueron: DT, AP, y NH.

El ANOVA-factorial, a nivel de AP, DT y NH, presentan un valor de p<0.05 no identificó interacción entre los factores: bioestimulantes y tiempo. Sin embargo, en los ANOVA para este tipo de ejercicios experimentales, se entiende que cuando la in-

teracción bioestimulante* tiempo, es significativa ($p < 0.05$), es mejor analizar cada fecha separadamente, entendiendo que esta interacción puede disimular diferencias verdaderas entre bioestimulantes. Por lo expuesto y ante los resultados obtenidos, se resolvió aplicar la prueba de significancia de Tukey (tabla 4), el ejercicio determinó diferencias

estadísticas entre bioestimulantes. Apreciando que el testigo (urea) expresó mejor respuesta morfológica, y a nivel de bioestimulantes el Humega y la Micorriza, todos entre los 90 y 120 días, lo que da la pauta para comprender que, a mayor tiempo, mejor se expresa la respuesta del fertilizante y bioestimulantes en la planta de café en la etapa de vivero.

Tabla 4 Resultados de variables morfológicas, con prueba de significación de Tukey

Bioestimulantes	Tiempo (min)	AP	DT	NH
Urea	120	27.4 ^a	0.3 ^a	9.67 ^b
Urea	90	26.9 ^{ab}	0.23 ^{ab}	9.33 ^{bc}
Humega	120	25.97 ^{abc}	0.17 ^{abc}	12.33 ^a
Humega	90	25.53 ^{abc}	0.17 ^{abc}	11 ^{ab}
Starlite	120	25.33 ^{abc}	0.2 ^{abc}	8.67 ^{bc}
Urea	60	25.17 ^{abc}	0.1 ^{bc}	8 ^c
Starlite	90	24.8 ^{abc}	0.17 ^{abc}	8.33 ^{bc}
Humega	60	24.5 ^{bc}	0.13 ^{bc}	9.33 ^{bc}
Evergreen	120	24.3 ^{bc}	0.2 ^{abc}	11 ^{ab}
Starlite	60	24.23 ^{bc}	0.1 ^{bc}	7.67 ^c
Evergreen	90	24.23 ^{bc}	0.2 ^{abc}	11 ^{ab}
Micorriza	120	23.8 ^c	0.2 ^{abc}	10 ^{abc}
Evergreen	60	23.5 ^c	0.1 ^{bc}	9.67 ^{bc}
Micorriza	90	23.33 ^c	0.2 ^{abc}	9.67 ^{bc}
Urea	30	23.13 ^c	0.1 ^{bc}	5.33 ^d
Humega	30	22.33 ^{cd}	0.1 ^{bc}	3 ^d
Starlite	30	22.27 ^{cd}	0.1 ^{bc}	4.67 ^d
Micorriza	60	22.17 ^{cd}	0.23 ^{ab}	9 ^{bc}
Evergreen	30	21.63 ^{cd}	0.1 ^{bc}	4.67 ^d
Micorriza	30	18.93 ^d	0.1 ^{bc}	3 ^d

Los literales en las columnas con letras diferentes indican significación al $p < 0.05$ de probabilidad. AP Altura de planta, NH Numero de hojas, DT Diámetro de tallo.

Tabla 5 Correlación de Pearson

	Humedad	MS	Nitrógeno	Clorofila	AP	NH	DT
Humedad	1.00	-0.68*	0.52*	0.45	0.12	0.04	0.09
Materia seca		1.00	-0.57*	0.58	0.18	0.10	0.39
Nitrógeno			1.00	-0.78*	0.44	0.29	0.25
Clorofila				1.00	0.21	0.47	0.21
Altura					1.00	0.22	0.16
Numero de hojas						1.00	0.15
Diámetro							1.00

*: Significativo al $p < 0.05$ de probabilidad. AP Altura de planta, NH Numero de hojas, DT Diámetro de tallo.

Se estableció una correlación significativa negativa (tabla 5) entre humedad y MS (-0.68) y una correlación positiva significativa entre la H y el contenido

de N (0.52). Así mismo, se observó una correlación significativa negativa entre la MS y el contenido de N (-0.57) y finalmente se determinó una correlación

negativa entre el contenido de N y el contenido de Cl (-0.78).

Discusión

La presente investigación busca contribuir a definir y entender las contribuciones de los bioestimulantes en la agricultura cafetalera. Sin embargo, estos bioestimulantes son de diversas fuentes y están disponibles en el mercado, y son elaborados principalmente en base a bacterias, hongos, algas, plantas, animales y materias primas que contienen humatos. Por lo que se propone distinguir a los bioestimulantes como "un producto formulado de origen biológico que mejora la productividad de la planta como consecuencia de las propiedades novedosas o emergentes de los complejo bioquímicos constituyentes, y no como un única consecuencia de la presencia de nutrientes vegetales esenciales conocidos, reguladores del crecimiento para de las plantas reguladores o como productos fitosanitarios"^{17,18}. La definición proporcionada aquí es importante ya que enfatiza el principio de que la función biológica puede ser modulada positivamente mediante la aplicación de moléculas, o mezclas de moléculas, para las cuales un modo explícito de acción no se ha definido^{19,20}.

En nuestra investigación pudimos observar una respuesta fisiológica significativa de la planta de café a los bioestimulantes, posiblemente debido a que estos son compuestos de estimulantes biogénicos, potenciadores metabólicos, fortalecedores de plantas, reguladores positivos del crecimiento de las plantas, generadores, preparación alelopática, acondicionadores de plantas, fitoestimuladores²¹⁻²⁵, en referencia a la urea, que sólo es una fuente de alto contenido de N. Sin embargo, estos bioestimulantes no deben ser considerados como pesticidas o fertilizantes^{26,27}. El productor de nuestro sector utiliza la

urea con mucha frecuencia, comúnmente lo hace de forma indiscriminada y por tanto sin medir las consecuencias que pudiese ocasionar a la planta. El Biuret es un compuesto químico que se encuentra en la urea, la toxicidad por Biuret aumenta cuando la urea se usa en aspersión foliar²⁸. El nitrógeno uno de los nutrientes que más limita el crecimiento de las plantas, debido a que junto al potasio son los de mayor nivel de demanda por unidad de MS de los cultivos²⁹, la concentración del N es del 30.94% y hasta 650 días después de la siembra, la absorción varía entre 8.55 a 19.36 g/planta.

Las pruebas de laboratorio, permitieron medir los resultados fisiológicos, coinciden con lo expuesto por Tello-Gómez³⁰, quien señala que el N, un importante constituyente estructural de la Cl, e importante en la fotosíntesis. Además, forma parte de los aminoácidos y ácidos nucleicos, sus funciones son: a) Forma parte de la Cl, b) la MS de los vegetales contiene del 2 al 4% de N, c) interviene en todo el proceso de formación de los tejidos para el crecimiento de las plantas, d) es el elemento que da mayor respuesta a la producción del cafeto y e) es constituyente de los ácidos nucleicos, por lo mismo responsable de la información genética³¹. Los datos reportados a nivel de N en MS coinciden con el promedio en nuestra investigación con 2.86%. Sin embargo, debemos mencionar que los bioestimulantes pueden ser metabolitos primarios como aminoácidos, azúcares, nucleótidos y lípidos^{32,33} o secundarios, incluyendo glucólisis, el ácido tricarbóxico (ATC), aminoácidos alifáticos (AA), las vías pentosa-fosfato y ácido shikímico que son principalmente la fuente de AA aromáticos y compuestos fenólicos (CF), terpenoides/isoprenoides, compuestos que contienen nitrógeno (alcaloides), compuestos que contienen azufre (glucosinolato)^{32,33}.

Sanclemente & Peña³⁴, menciona una tendencia general a aumentar la eficiencia fotosintética a me-

dida que aumenta la concentración de N. En este mismo sentido De Lima *et al.*³⁵, Du Jardin⁶ indican que, en las hojas, hay una significativa correlación entre los contenidos de Cl con la concentración de N en la hoja, 50 a 70%, en todo caso ambos autores se contraponen con nuestros resultados, observamos una correlación negativa significativa.

Las hojas de café finalizan su expansión, pasan a ser exportadoras potenciales de nutrientes. La degradación de compuestos contenidos en las células foliares maduras conlleva a la migración de fotoasimilados y nutrientes minerales móviles en especial N y K hacia vertederos como raíces y frutos³⁶, el análisis de laboratorio realizado a partir de las hojas de café, determinó la MS con un p-valor de 0.041 definida mediante ANOVA, se estableció diferencia significativa entre tratamientos, presentando a los bioestimulantes Starlite y Evergreen como los de mejor respuesta fisiológica.

En lo que respecta al desarrollo morfológico del café en etapa de vivero, se consideró las variables DT, AP, y NH, en todos los casos el desarrollo fue uniforme, con una línea de tendencia creciente durante el tiempo del experimento, solo diferencia estadísticas mediante prueba de significación, se visualiza mayor asimilación en el cuarto y quinto mes de edad de las plantas, observándose sin embargo mejor respuesta con el urea y con el ácido húmico, resultados que se contraponen a los de Utria *et al.*³⁷, quien reporto respuestas favorables con utilización de brasinoesteroide en el proceso de desarrollo del café, observando un desarrollo vigoroso de las plántulas de cafetos cuando fueron embebidas en el bioestimulantes, pero con tendencia a tener mejor comportamiento cuando se aplicó el mismo en el segundo par de hojas verdaderas y con concentraciones de 0.01 y 0.05 mg L⁻¹.

Así mismo, Acuña³⁸, aplicó el fertilizante orgánico microPlus, y observó que la mejor absorción de nutrientes, y que incidieron con la respuesta agronómica (AP, DT, longitud de raíz) se presentaron a los 180 días de edad de la planta, coincidiendo con los resultados de la investigación, donde se observa mejores respuestas tanto de la urea como de los bioestimulantes, a los 120 días, dando la pauta para continuar investigaciones en este sentido. Es notorio resaltar que estos bioestimulantes activan en la planta compuestos orgánicos (fenoles, vitaminas, polisacáridos, betaínas, etc.), reguladores del crecimiento, y también macro y micro elementos³⁹⁻⁴¹.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que la presente investigación no genera conflictos de interés.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Estatal del Sur de Manabí por el financiamiento en el desarrollo de la presente investigación, el cual contribuye al proyecto “Manejo Integral del suelo agua y fertilidad”, que es parte del Programa de investigación cafetalero de la UNESUM.

Aspectos éticos

La aprobación de la investigación por el Comité de Ética, Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), (Cantón Jipijapa) y siguió las pautas establecidas para este comité.

Literatura citada

1. Espinoza Alarcón WL, Mosquera Yépez D. Análisis sectorial del café y elaborados y su importancia en las exportaciones ecuatorianas, periodo 2012-2016 [tesis licenciatura]. [Guayaquil]: Universidad de Guayaquil; 2017 [citado 26 de julio de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/23226>
2. Alarcón López A. Modelo de gestión productiva para el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en el sur de Ecuador [tesis licenciatura]. [Madrid]: Universidad Politécnica de Madrid; 2011 [citado 26 de julio de 2019]. Recuperado a partir de: <http://oa.upm.es/9985/>
3. Aspiazu Villavicencio KA, Navarro Moncayo JV. Proyecto de comercialización de café de habas (café orgánico), actuando como intermediario, para el consumo local en la ciudad de Guayaquil y como una opción de exportación [tesis licenciatura]. [Guayaquil]: Escuela Superior Politécnica del Litoral; 2009 [citado 26 de julio de 2018]. Recuperado a partir de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/7693?show=full>
4. Monteros Guerrero A. Rendimientos de café grano seco en el Ecuador 2016 [Internet]. Quito: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca; 2016 [citado 22-de octubre de 2018]. 12 p. Recuperado a partir de: <https://docplayer.es/29340888-Rendimientos-de-cafe-grano-seco-en-el-ecuador-2016.html>
5. Venegas Sánchez S, Orellana Bueno D, Pérez Jara P. La realidad ecuatoriana en la producción de café. RECIMUNDO 2018;2(2):72-90.
6. Du Jardin P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation Sci Hor-
tic 2015;196:3-14. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
7. Díaz Medina A, Suárez Pérez C, Díaz Milanés D, López Pérez Y, Morera Barreto Y, López J. Influencia del bioestimulante FitoMas-E sobre la producción de posturas de cafeto (*Coffea arabica* L.). Ctro Agr 2016;43(4):29-35.
8. González Vega M, Rosales Jenqui P, Castilla Valdés Y, Lacerra Espino JÁ, Ferrer Viva M. Efecto del Bioenraiz como estimulante de la germinación y el desarrollo de plántulas de cafeto (*Coffea arabica* L.). Cultrop 2015;36(1):73-9.
9. Ormeño MA, Ovalle A. Preparación y aplicación de abonos orgánicos. Ciencia y Producción Vegetal. INIA Divulga;2007. p. 29-31.
10. Aguilar Jiménez CE, Alvarado Cruz I, Martínez Aguilar FB, Galdámez Galdámez J, Gutiérrez Martínez A, Morales Cabrera JA. Evaluación de tres abonos orgánicos en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en etapa de vivero. Siembra 2016;3(1):11-20.
11. Parrales Marcillo G, Castro Piguave C. Determinación de las características morfológicas de 20 variedades de híbridos de café arábigo de alto valor genético [tesis licenciatura]. [Jipijapa]: Universidad Estatal del Sur de Manabí; 2018 [citado 26 de julio de 2019]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1280>
12. Gobierno Provincial de Manabí. Cantón Jipijapa. Obtenido el 01 de junio de 2019 de Gobierno Provincial de Manabí.
13. De la Roza Delgado B, Martínez Fernández A, Argamentaría Gutiérrez A. Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. Rev Pastos 2002;32(1):91-104.
14. J.P. Selecta [Internet]. Barcelona: Fábrica de aparatos para laboratorio (España); 2018 [citado

- 10 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: http://grupo-selecta.com/?avia_forced_reroute=1
15. Cofes, editores. Cuantificación de clorofila a [Internet]. Buenos Aires: Consejo Federal de Entidades de Servicios Sanitarios; 2018 [citado 1º de octubre 2018]. Recuperado a partir de: www.cofes.org.ar/descargas/relas/5_jornada/4_CLO-ROFLA.pdf
16. Gabriel J, Castro Piguave C, Valverde A, Indacocha Ganchozo B. Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios [Internet]. Guayaquil: Compas Editorial; 2017 [citado 22-de octubre de 2018]. 155 p. Recuperado a partir de: <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/116>
17. Yakhin OI, Lubyaynov AA, Yakhin IA, Brown PH. Biostimulants in plant science: A global perspective. *Fron Plant Sci* 2017;7:2049. DOI: <http://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>
18. Huang B. Plant growth regulators: what and why. *Golf Course Management* 2007;75(1):157-60. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00572-010-0337-z>
19. Basak A. Biostimulants: Definitions, classification and legislation. In: *Biostimulants in modern agriculture*, Gawrońska H, editors. General Aspects. Editorial House Wiece Jutra: Warszawa; 2008. p. 7-17.
20. Bulgari R, Cocetta G, Trivellini A, Vernieri P, Ferrante A. Biostimulants and crop responses: a review. *Biol Agric Hort* 2015;31(1):1-17. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>
21. Russo RO, Berlyn GP. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. *J Sustain Agric* 1991;1(2):19-42. DOI: https://doi.org/10.1300/J064v01n02_04
22. Karnok KJ. Promises, promises: Can biostimulants deliver?. *Golf Course Manag.* 2000;68(8):67-71.
23. Banks J, Percival GC. Evaluation of biostimulants to control Guignardia leaf blotch (*Guignardia aesculi*) of horsechestnut and black spot (*Diplocarpon rosae*) of roses. *Arboric Urban For* 2012;38(6):258-61. DOI: <https://doi.org/10.13140/rg.2.1.2897.2883>
24. Hamza B, Suggars A. Biostimulants: myths and realities. *TurfGrass Trends* 2001;10(8):6-10.
25. Du Jardin P. The science of plant biostimulants - A bibliographic analysis. Ad hoc Study Report [Internet]. Brussels: European Commission; 2012 Abr [citado 15 de octubre de 2019]. 37 p. Contract No.: 30-CEO455515/00-96. Recuperado a partir de: <https://orbi.uliege.be/handle/2268/169257>
26. La Torre A, Battaglia V, Caradonia F. Legal aspects of the use of plant strengtheners (biostimulants) in Europe. *Bulg J Agric Sci* 2013;19(6):1183-9.
27. La Torre A, Battaglia V, Caradonia F. An overview of the current plant biostimulant legislations in different European Member States. *J Sci Food Agric* 2016;96(3):727-34. DOI: <http://doi.org/10.1002/jsfa.7358>
28. Cenicafe, editores. Disturbios fisiológicos y nutricionales del café [Internet]. Planalto: Centro Nacional de Investigaciones de Café (Colombia); 2018 [citado 10 de octubre de 2018]. Recuperado a partir de: https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/cartillas
29. Ramirez Builes VH, Moreno Berrocal AM, Lopez Ruia JC. Avances Técnicos. Evaluación temprana de la deficiencia del nitrógeno en café y aplicaciones [Internet]. Programa de Investigación Científica. Fondo Nacional del Café; 2012 Junio [citado 15 de octubre de 2018]. 8 p. Avances Técnicos No. 420. Recuperado a partir de: <http://www.biblioteca.cenicafe.org>

30. Tello Gómez E. Efecto de la aplicación de bioestimulantes, fertilizantes foliares y el caolín, sobre el comportamiento agronómico y en la producción de la variedad de arroz (*Oryza sativa*) CR-4477 en finca La Vega, San Carlos, alajuela, Costa Rica [tesis licenciatura]. [San Carlos]: Tecnológico de Costa Rica; 2012 [citado 26 de julio de 2019]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.tec.ac.cr/handle/2238/3321>
31. Sadeghian Khalajabadi S, Gonzales Osorio H. Avances Técnicos. Alternativas generales de fertilización para cafetales en la etapa de producción [Internet]. Programa de Investigación Científica. Fondo Nacional del Café; 2012 Junio [citado 15 de octubre de 2018]. 8 p. Avances Técnicos No. 424. Recuperado a partir de: <https://www.cenicafe.org/publications/avt04241>
32. Aharoni A, Galili G. Metabolic engineering of the plant primary–secondary metabolism interface. *Curr Opin Biotechnol* 2011;22(2):239-44. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.copbio.2010.11.004>
33. Rafiee H, Naghdi Badi H, Mehrafarin A, Qaderi A, Zarinpanjeh N, Sekara A et al. Application of plant biostimulants as new approach to improve the biological responses of medicinal plants - A critical review. *J Med Plants* 2016;15(59):6-39.
34. Sanclemente MA, Peña EJ. Crecimiento y eficiencia fotosintética de *Ludwigia decurrens* Walter (Onagraceae) bajo diferentes concentraciones de nitrógeno. *Acta Biol. Colomb* 2008;13(1):175-86.
35. De Lima Vasconcelos R, de Mello Prado R, Reyes Hernández A, Caione G. Efecto del horario de medición, posición y porción de la hoja en los índices de clorofila en la papa. *Idesia* 2014;32(4): 23-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000400004>
36. Sadeghian Khalajabadi S, Salamanca Jiménez A. Micronutrientes en frutos y hojas de café. *Cenicafé* 2015;66(2):73-87.
37. Utria Borges E, Rodríguez Oquendo V, Moisés Medina LG, Calderón Agüero JO, Suárez Soria F. Respuesta de plántulas de cafeto (*Coffea arabica* L.) a la aplicación de brasinoesteroide en diferentes concentraciones y etapas de su desarrollo. *Rev Chapingo Ser Hortíc* 2004;10(1):11-4. DOI: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2000.12.084>
38. Acuña P. Influencia de la aplicación de fertilizantes foliares a nivel de viveros de café arábigo (*Coffea arabica*) en el sitio Cabo de Hacha del cantón Jipijapa 2013 [tesis licenciatura]. [Jipijapa]: Universidad Estatal del Sur de Manabí; 2013.
39. University of Lodz [Internet]. Biostimulators in modern agriculture; 2018 [citado 5 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: [https://usosweb.uni.lodz.pl/kontroler.php?action=actionx:katalog/przedmioty/pokazPrzedmiot\(prz_kod:0400-BE707D\)&lang=2](https://usosweb.uni.lodz.pl/kontroler.php?action=actionx:katalog/przedmioty/pokazPrzedmiot(prz_kod:0400-BE707D)&lang=2)
40. Przybysz A, Wrochna M, Slowinski A, Gawronska H. Stimulatory effect of asahi sl on selected plant species. *Acta Sci Pol Hortoru* 2010;9(2):53-64.
41. Truba M, Jankowski K, Sosnowski J. The plants reaction on biological preparations treatment. *Ochrona Środowiskai Zasobów Naturalnych* 2012;53: 41-52.

Nota del Editor:

Journal of the Selva Andina Research Society (JSARS) se mantiene neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales publicados mapas y afiliaciones institucionales.