



## EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CODAFOL® EN LA PRODUCCIÓN DE POSTURAS DE *COFFEA ARABICA* L. EFFECT OF CODAFOL® APPLICATION ON THE PRODUCTION OF *COFFEA ARABICA* L. SEEDLINGS

✉ROLANDO VIÑALS NÚÑEZ<sup>1\*</sup>, ✉CARLOS BUSTAMANTE GONZÁLEZ<sup>2</sup>,  
ROGELIO RAMOS HERNÁNDEZ<sup>3</sup>, ✉ROYDER GARCÍA LANG<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Unidad Científico Tecnológica de Base Estación Experimental Agro-Forestal Velasco, Holguín, Cuba.

<sup>2</sup>Unidad Científico Tecnológica de Base Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente, Santiago de Cuba, Cuba.

E-mail: [marlonalejandro2012@gmail.com](mailto:marlonalejandro2012@gmail.com)

<sup>3</sup>Empresa Agroforestal Sagua de Tánamo, Holguín, Cuba. E-mail: [produccion@agrosagua.hlg.minag.cu](mailto:produccion@agrosagua.hlg.minag.cu)

<sup>4</sup>Universidad de Holguín, Centro Universitario Municipal Sagua de Tánamo, Holguín, Cuba. E-mail: [rgarcial@uho.edu.cu](mailto:rgarcial@uho.edu.cu)

\*Autor para correspondencia: [vinals1964@gmail.com](mailto:vinals1964@gmail.com)

### RESUMEN

La producción de posturas de café de alta calidad en vivero es determinante para el establecimiento exitoso de nuevas plantaciones y la productividad futura del cultivo. Con el objetivo de evaluar la respuesta en el crecimiento y desarrollo de posturas de café (*Coffea arabica* L.) a la aplicación de diferentes concentraciones de Codafol®, se realizó un estudio en un vivero de la provincia de Holguín, Cuba, durante dos campañas (2020-2021 y 2021-2022). Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cinco tratamientos y diez réplicas, que consistieron en la aplicación foliar de cuatro concentraciones de Codafol® (1,25; 2,50; 3,75 y 5,00 ml L<sup>-1</sup>) y un testigo sin aplicación. Se evaluaron indicadores morfológicos como altura, diámetro del tallo, masa seca aérea y radical, área foliar e índice de calidad de Dickson. Los resultados mostraron que la fertilización foliar con Codafol® ejerció un efecto benéfico generalizado. Se observaron incrementos significativos en la masa seca aérea (hasta 30,1%), radical (hasta 33%) y total (hasta 29,9%), así como en el área foliar, en las plantas tratadas respecto al testigo. El índice de calidad de Dickson también fue superior en los tratamientos con Codafol®. Mediante un modelo discontinuo rectilíneo aplicado al área foliar, se determinó que la concentración óptima era de 2,50 ml L<sup>-1</sup>. Se concluye que la aplicación de Codafol® es una práctica agronómica efectiva para optimizar la morfología y calidad de las posturas, la dosis de 2,50 ml L<sup>-1</sup> es la más recomendable por inducir los mejores resultados integrales para el trasplante.

**Palabras clave:** vivero, nutrición foliar, calidad de planta, índice de Dickson, biomasa

### ABSTRACT

The production of high-quality coffee seedlings in nurseries is crucial for the successful establishment of new plantations and the future productivity of the crop. To evaluate the growth and development response of *Coffea arabica* L. seedlings to the application of different concentrations of Codafol®, a study was conducted in a nursery in Holguín Province, Cuba, over two growing seasons (2020-2021 and 2021-2022). A completely randomized design with five treatments and ten replicates was used, consisting of the foliar application of four concentrations of Codafol® (1.25, 2.50, 3.75, and 5.00 ml L<sup>-1</sup>) and a control without application. Morphological indicators such as height, stem diameter, shoot and root dry weight, leaf area, and Dickson quality index were evaluated. The results showed that foliar fertilization with Codafol® exerted a generally beneficial effect. Significant increases were observed in shoot dry mass (up to 30.1%), root dry mass (up to 33%), and total dry mass (up to 29.9%), as well as in leaf area, in the treated plants compared to the control. The Dickson quality index was also higher in the Codafol® treatments. Using a rectilinear discontinuity model applied to leaf area, the optimal concentration was determined to be 2.50 ml L<sup>-1</sup>. It is concluded that the application of Codafol® is an effective agronomic practice for optimizing seedling morphology and quality, with the 2.50 ml L<sup>-1</sup> dose being the most recommended as it induces the best overall results for transplanting.

**Keywords:** nursery, foliar nutrition, plant quality, Dickson index, biomass

Recibido: 15/7/2025

Aceptado: 16/9/2025

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

**Contribución de autores:** **Conceptualización:** Carlos Bustamante González. **Curación de datos:** Rolando Viñals Núñez, Rogelio Ramos Hernández. **Análisis formal:** Rolando Viñals Núñez. **Adquisición de fondos:** Carlos Bustamante González. **Investigación:** Rolando Viñals Núñez, Rogelio Ramos Hernández, Royder García Lang. **Metodología:** Rolando Viñals Núñez, Carlos Bustamante González.

**Administración del proyecto:** Carlos Bustamante González, Rolando Viñals Núñez. **Recursos:** Carlos Bustamante González, Rogelio Ramos Hernández. **Software:** Rolando Viñals Núñez, Carlos Bustamante González. **Supervisión:** Rolando Viñals Núñez. **Validación:** Rolando Viñals Núñez, Carlos Bustamante González. **Visualización:** Rolando Viñals Núñez. **Redacción - borrador original:** Rolando Viñals Núñez.

**Redacción - revisión y edición:** Rolando Viñals Núñez, Carlos Bustamante González.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## INTRODUCCIÓN

El café es una planta perenne de la cual se espera una vida productiva de al menos 20 años. Por esta razón, al renovar los cafetales mediante nuevas siembras, es fundamental obtener el material de plantación de mejor calidad y mayor vigor para iniciar el cultivo. Por lo tanto, la planeación y el manejo adecuado de las posturas en la etapa de vivero dentro de la finca son determinantes tanto para la calidad de las plantas obtenidas como para el éxito de la empresa cafetera (Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ) (CENICAFE, 2013).

La fertilización en vivero se reconoce como una práctica esencial para mejorar la calidad de las plantas producidas en sistemas de envases con sustratos inertes (Basave-Villalobos et al., 2020). Según Sadeghian & Ospina (2021), la respuesta del café a la aplicación de fertilizantes en la etapa de vivero puede variar según el tipo de suelo. En consecuencia, estos autores consideran importante tener presente este aspecto al momento de definir los planes de manejo.

Los abonos foliares consisten en líquidos que se asperjan sobre el follaje con la finalidad de complementar la nutrición de los cultivos y corregir deficiencias nutricionales en las plantas (Li et al., 2018). Esta práctica resulta beneficiosa por su rápida eficacia, su independencia de la actividad radicular, la alta capacidad de fijación de nutrientes y la posibilidad de una aplicación precisa en el momento adecuado. Se considera una práctica agronómica para aplicar nutrientes de manera complementaria, especialmente micronutrientes, a través de la hoja (González Ulibarry, 2019). Esta técnica es útil durante los estados de crecimiento, cuando disminuye la velocidad de fotosíntesis y ocurre una baja absorción de nutrientes por las raíces, ya que favorece la translocación de nutrientes hacia la semilla, el fruto, el tubérculo o el crecimiento vegetativo (Li et al., 2018; Puppe & Acosta, 2018).

En los últimos años se ha producido un incremento significativo en la producción y comercialización de nuevos insumos agrícolas. Estos productos son elaborados y desarrollados por diversas empresas nacionales e internacionales para su aplicación en los cultivos. El objetivo principal de su uso es obtener incrementos en las cosechas con un riesgo mínimo de contaminación ambiental.

Valverde et al. (2020) informaron que los bioestimulantes mejoran la eficacia, absorción y asimilación de nutrientes, también estimulan y vigorizan a las plantas en todas las fases de su ciclo vegetativo. Además, le proporcionan mayor tolerancia a estrés biótico, abiótico y mejoran algunas de sus características agronómicas, por lo que constituyen una alternativa para la producción de posturas de café (Bustamante et al., 2019; Bustamante et al., 2023 & Díaz et al., 2023)

En Cuba se han estudiado varios bioestimulantes y biofertilizantes para lograr que las plantas superen el estrés

del medio y favorecer su crecimiento y el desarrollo, así permite disminuir el uso de sustancias químicas (Bustamante et al., 2018). Entre estos productos se encuentran el Viusidagro®, Enerplant® y Nitrofix®, que han demostrado un efecto bioestimulante en el comportamiento agronómico de varios cultivos.

El Codafol® es un fertilizante líquido para la nutrición foliar, rico en nitrógeno y de rápida asimilación, que incorpora además fósforo y potasio complementado con micronutrientes. Este producto está especialmente indicado para los primeros estadios de desarrollo de los cultivos y se aconseja aplicarlo durante el período de crecimiento activo de las plantas. Se ha utilizado en cereales, plantas hortícolas, frutales, cítricos, vid, plantas industriales y ornamentales, entre otros. Al ser aplicado foliarmente, los nutrientes son rápidamente absorbidos y asimilados, lo que evita pérdidas por lixiviación y, por tanto, resulta más efectivo (Hubel, 2017).

A pesar de los beneficios conocidos de los abonos foliares, la respuesta específica de *Coffea arabica* L. a la aplicación de Codafol®, y la determinación de dosis óptimas en condiciones de vivero, aún no ha sido suficientemente explorada, por lo que el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la respuesta en el crecimiento de posturas de cafetos (*Coffea arabica* L.) a la aplicación de diferentes concentraciones de Codafol®.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el vivero El Manguito, de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Granja Urbana, perteneciente a la Empresa Agroforestal Sagua de Tánamo en la provincia de Holguín. El estudio abarcó las campañas de vivero de noviembre de 2020 a julio de 2021 y de noviembre de 2021 a julio de 2022.

Para la conformación del sustrato se empleó un suelo Fluvisol mullido, de acuerdo a la Clasificación de los suelos de Cuba 2015 (Hernández Jiménez et al., 2015), y materia orgánica producto de la descomposición de la pulpa del café. Este sustrato se elaboró con una relación 3:1, volumen:volumen (v:v). Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 5 tratamientos (Tabla 1) y 10 réplicas, los cuales resultaron de la aplicación a las posturas de cafetos de 4 concentraciones de Codafol® 14-6-5 y un tratamiento testigo (sin aplicación).

Cada parcela contó con 40 plantas, de las cuales se evaluaron 10 de cada tratamiento al finalizar el período experimental. Para la siembra se utilizaron bolsas de polietileno negro de 14 cm de diámetro por 22 cm de alto. Las semillas de café (*Coffea arabica* L.) variedad Isla 6 - 14 se colocaron en un germinador con sustrato de arena de río, y se trasplantaron a las bolsas cuando alcanzaron la fase de mariposa. Para la proyección de la sombra del vivero se utilizó una malla sombreadora.

**Tabla 1.** Tratamientos empleados.

Tratamientos	Concentración de Codafol® (ml L <sup>-1</sup> de agua)
T1	0 ml de Codafol® en 1 L de agua
T2	1,25 ml de Codafol® en 1 L de agua
T3	2,50 ml de Codafol® en 1 L de agua
T4	3,75 ml de Codafol® en 1 L de agua
T5	5,00 ml de Codafol® en 1 L de agua

Las actividades agrotécnicas para la producción de posturas se realizaron según el Instructivo Técnico Café arábico (Instituto de Investigaciones Agroforestales (INAF, 2013). El Codafol® se aplicó vía foliar mensualmente a partir de que las posturas emitieran el segundo par de hojas verdaderas, para lo cual se utilizó una mochila Matabi de 16 litros de capacidad. Cuando las posturas alcanzaron los seis pares de hojas se les evaluaron los siguientes indicadores:

- *Altura de la planta* (cm). Se midió con regla graduada desde la base de la planta hasta el ápice.
- *Diámetro del tallo* (mm). Se midió con pie de rey a un cm de la base de la planta.
- *Masa seca aérea y radical* (g). Las posturas se dividieron en sus órganos, se lavaron y colocaron en estufa a 65°C hasta alcanzar peso constante y se pesaron en una balanza analítica.
- *Área foliar* (cm<sup>2</sup>). Se estimó mediante la medición de las dimensiones lineales de las hojas de acuerdo con la fórmula de Soto (1980).
- *Índice de calidad de las posturas*. Basado en las características morfológicas evaluadas en las posturas se determinó el índice de calidad por la fórmula de Dickson et al. (1960).

$$IC = \frac{mst}{a/dt + msa/msr}$$

Donde:

mst: masa seca total

a: altura

dt: diámetro del tallo

msa: masa seca aérea

msr: masa seca raíces

Los datos obtenidos en las evaluaciones de las variables de crecimiento se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple con el paquete estadístico Infostat versión 1.0 (InfoStat, 2001). Al encontrar diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de comparación de los rangos múltiples de Duncan, con  $p < 0,05$  como criterio comparativo entre estos. La recomendación de la dosis óptima de Codafol® se realizó según el modelo discontinuo rectilíneo descrito por

Waugh et al. (1972), aplicado a la variable área foliar, dada su mejor respuesta al crecimiento integral de las posturas de cafetos (Rivera et al., 2020).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fertilización foliar ha sido implementada en diversos cultivos a nivel mundial, con experiencias exitosas en las que los fertilizantes foliares comerciales han contribuido al incremento de los rendimientos agrícolas. En este contexto, Sheng et al. (2019) informaron que la aplicación de urea por vía foliar en el cultivo del algodón resultó en una absorción eficiente y en su posterior translocación hacia el fruto en desarrollo más próximo al punto de absorción.

Álvarez y Damião (2018), en estudios relacionados con el desarrollo de posturas de cafetos tratadas con bioproductos, encontraron respuesta para las variables altura de la planta, número de pares de hojas y diámetro del tallo al aplicar un biofertilizante a base de microorganismos eficientes. En la presente investigación, la aplicación de las diferentes concentraciones de Codafol® ejerció un efecto benéfico sobre el desarrollo de los cafetos (*Coffea arabica* L.) durante su fase de vivero, lo que se reflejó en un crecimiento óptimo de las posturas.

### Efecto del Codafol® sobre la altura de las posturas de cafetos

Durante el primer año del estudio, la aplicación de Codafol® provocó un efecto significativo en la altura de las posturas de cafetos. El comportamiento más favorable se observó con la dosis de 3,75 ml L<sup>-1</sup>, la cual generó un incremento del 14,7 % en comparación con el tratamiento testigo. Este valor es inferior al informado por Cargua Chávez et al. (2020) en su investigación sobre la efectividad del Biochar y los biofertilizantes en el crecimiento y la calidad de plántulas de cacao. En estudios similares Ferrás et al. (2023) informó para esta variable una mejor respuesta con la dosis de 2,50 ml L<sup>-1</sup>. Estos resultados pueden estar relacionados con los nutrientes que componen este fertilizante foliar pues en estudios realizados por García-Alzate et al. (2022) encontraron un incremento del indicador en posturas de este cultivo cuando se les suministró fósforo al sustrato, junto con nitrógeno y potasio, elementos principales de la formulación del Codafol.

Al evaluar este indicador en el año 2022, el efecto del Codafol® dejó de manifestarse (Tabla 2); no obstante, se lograron posturas con una altura cercana a los 30 cm al alcanzar los seis pares de hojas verdaderas, lo cual se considera un indicador de un crecimiento óptimo.

Estos valores de altura son ligeramente superiores a los obtenidos por González-Fernández et al. (2017) en su estudio sobre el crecimiento de posturas de la misma edad, en el cual emplearon diferentes proporciones de humus de lombriz como componente del sustrato.

**Tabla 2.** Efecto del Codafol® sobre la altura y el diámetro del tallo de las posturas de café.

Tratamientos	Altura (cm)		Diámetro del tallo (mm)	
	2021	2022	2021	2022
Sin aplicación	27,11 c	29,95	3,29 b	3,50
1,25 ml L <sup>-1</sup>	28,50 bc	29,80	3,62 ab	3,50
2,50 ml L <sup>-1</sup>	29,17 b	29,31	3,56 b	3,50
3,75 ml L <sup>-1</sup>	31,11 a	29,78	3,99 a	3,30
5,00 ml L <sup>-1</sup>	28,18 bc	29,97	3,60 ab	3,00
SE	0,54***	0,19 ns	0,14ns	0,15 ns

\*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Asimismo, dichos valores resultan similares a los informados por Viñals-Núñez et al. (2017) al evaluar esta misma variable en la producción de posturas de cafetos, donde realizaron aplicaciones foliares del bioestimulante Bioplasma y de Humus líquido. Por otra parte, Cargua Chávez et al. (2022) informaron valores inferiores para la altura de las plantas al investigar el efecto de la aplicación de Biochar, un consorcio de biofertilizantes, la combinación de estos y la fertilización química en cafetos de esta misma especie.

#### Efecto del Codafol® sobre el diámetro del tallo de las posturas de cafetos

Se observaron diferencias significativas entre los diferentes niveles de Codafol® empleados, pero solo en el primer año de estudio (Tabla 2). Las aplicaciones de 3,75 ml L<sup>-1</sup>, 1,25 ml L<sup>-1</sup> y 5,00 ml L<sup>-1</sup> mostraron los mejores resultados. Sin embargo, las dos últimas no se diferenciaron significativamente de la aspersión de 2,50 ml L<sup>-1</sup> ni del tratamiento testigo. Para 2022, se apreció que el incremento de la concentración disminuyó los valores de esta variable hasta un 14,3 %. En ambos años, existe coincidencia con el rango de mediciones obtenido por Viñals-Núñez et al. (2017), quienes lograron valores entre 3,2 y 4,0 mm al utilizar diferentes bioproductos en la producción de posturas de cafetos.

Salamanca & González-Osorio (2020) plantean que, a pesar de los efectos potenciales de la fertilización foliar, en muchos casos dicha práctica no es del todo eficiente. De hecho, esta práctica ha desencadenado incluso la manifestación de resultados adversos (Abdelsalam et al., 2019). Su implementación depende significativamente, entre otros aspectos, de la fuente fertilizante y la modalidad de aplicación (Rossi et al., 2019), así como de la época en la cual se lleve a cabo (Ashouri Vajari et al., 2018).

En concordancia con los criterios anteriores, Carvajal (1984) aseguró que la fertilización foliar en el cultivo del café tiene baja efectividad y debe enfocarse solo en la corrección de deficiencias nutricionales. En contraste, Clemente et al. (2018) registran que la aplicación foliar de B, Cu y Zn mejora ciertos atributos químicos asociados a la calidad de la taza.

#### Efecto del Codafol® sobre la masa seca de las posturas de cafetos

El contenido de materia seca se usa ampliamente en el estudio de las plántulas como indicador de la intensidad de crecimiento, de la producción, de los gastos y de la participación de carbohidratos (Espinoza et al., 1998). En el análisis de la biomasa aérea producida, durante ambos años, se observaron diferencias significativas de todas las concentraciones aplicadas con respecto al testigo. Los incrementos fueron bastante similares, pues oscilaron entre el 26,4 % y 28,7 % en 2021 y entre el 25,3 % y 30,1 % en 2022.

Los resultados anteriores influyen en que el indicador masa seca total tenga un comportamiento similar. En este caso, las concentraciones aplicadas se diferenciaron estadísticamente del testigo (Tabla 3), pero no entre ellas. El rango de incremento con respecto a dicho tratamiento fue un poco más amplio, al estar entre el 20,2 % y 29,9 % en sentido general.

Por su parte, la masa seca radical se vio favorecida con el incremento de la concentración de Codafol®. Los mejores resultados estadísticos se obtuvieron con los tratamientos de 3,75 mL·L<sup>-1</sup> y 5 mL·L<sup>-1</sup> en 2021, y con el tratamiento de 5,00 mL·L<sup>-1</sup> en 2022.

A pesar de que el comportamiento de la masa seca en el sistema aéreo de las posturas fue similar en ambos años, la masa seca radical en 2021 casi duplica, de manera general, los resultados de 2022. Esto incide directamente en la biomasa total de las plantas. Como consecuencia, la relación masa seca aérea/masa seca radical se incrementa desde el rango de 2,3-2,9, obtenido en el primer año para todas las variantes, hasta el rango de 4,3-5,4 en el segundo año. Ferrás et al. (2024) obtuvieron resultados favorables de producción de biomasa masa seca al estudiar diferentes ciclos de aplicación de Codafol® durante dos campañas de vivero.

Los estudios que relacionan la biomasa de la raíz con la biomasa de la parte aérea muestran que existe una interdependencia entre el sistema radical y la parte aérea de la planta. Dichos estudios resaltan la importancia del equilibrio funcional entre las dos partes (van Noordwijk & Willigen, 1987).

**Tabla 3.** Efecto de las dosis de Codafol® sobre la masa seca (M.S.) expresada en (g) de las posturas de café.

Tratamientos	2021			2022		
	M.S. aérea	M.S. radical	M.S. Total	M.S. aérea	M.S. radical	M.S. Total
Sin aplicación	2,61 b	1,10 c	3,71 b	2,52 b	0,59 b	3,11 b
1,25 ml L <sup>-1</sup>	3,30 a	1,16 bc	4,46 a	3,16 a	0,64 b	3,80 a
2,50 ml L <sup>-1</sup>	3,36 a	1,15 bc	4,51 a	3,30 a	0,61 b	3,91 a
3,75 ml L <sup>-1</sup>	3,36 a	1,46 a	4,82 a	3,24 a	0,60 b	3,84 a
5,00 ml L <sup>-1</sup>	3,30 a	1,37 ab	4,67 a	3,28 a	0,74 a	4,02 a
ES	0,12***	0,08*	0,17***	0,07***	0,02**	0,08***

\*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabla 4.** Efecto de las dosis de Codafol® sobre el área foliar y el índice de calidad de las posturas de café.

Tratamientos	Área foliar (cm <sup>2</sup> )		IC	
	2021	2022	2021	2022
Sin aplicación	391,22 c	493,85 b	0,349 b	0,241 b
1,25 ml L <sup>-1</sup>	411,68 bc	520,61 ab	0,412 ab	0,281 a
2,50 ml L <sup>-1</sup>	444,63 ab	541,00 a	0,402 ab	0,284 a
3,75 ml L <sup>-1</sup>	456,19 a	539,95 a	0,476 a	0,267 ab
5,00 ml L <sup>-1</sup>	425,73 abc	538,00 a	0,457 a	0,278 a
SE	13,76*	11,43*	0,03*	0,01*

\*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Este aspecto se debe considerar desde la etapa de vivero, pues el rendimiento es una función integrada del crecimiento de la parte aérea y de las raíces (Barrios et al., 2014).

#### Efecto del Codafol® sobre el área foliar de las posturas de cafetos

El área foliar es uno de los indicadores que más definen el desarrollo de las posturas, al expresar la magnitud del sistema asimilativo. Las hojas representan la mayoría de la superficie aérea total de la planta. Por lo tanto, estas capturan la generalidad de los nutrientes aplicados por vía foliar (Orozco A. & Calvo Araya, 2019).

La respuesta de las posturas de cafetos a la aplicación de Codafol® fue positiva. Este efecto se aprecia en el incremento de esta variable, con relación al testigo, en todas las concentraciones empleadas (Tabla 4). En la primera evaluación, los mayores valores se alcanzaron con la aplicación de 3,75 ml L<sup>-1</sup>. No se observaron diferencias significativas entre el empleo de 2,50 y 5,00 ml L<sup>-1</sup>, los que a su vez no se diferenciaron de la utilización de 1,25 ml L<sup>-1</sup>. Este efecto provocó un incremento para esta variable entre 5,2 y 16,6 % con relación al testigo.

En la segunda experiencia no se encontraron diferencias estadísticas entre las distintas concentraciones evaluadas. La aplicación de 1,25 ml L<sup>-1</sup> mostró un comportamiento similar al del tratamiento testigo. Durante este año los valores fueron superiores, aunque el incremento con respecto a la variante sin aplicación fue inferior, ya que se alcanzó solo un 9,3 %.

Los valores obtenidos en 2021 resultan ligeramente superiores a los informados por Viñals-Núñez et al. (2017) para las mejores variantes en la producción de posturas de cafetos con el uso de bioproductos. Sin embargo, los valores alcanzados en 2022 superan ampliamente dichos reportes.

Por su parte, Canseco et al. (2020) informaron efectos positivos con la incorporación de abonos orgánicos y biofertilizantes sobre *Coffea arabica* L. al generar mayor crecimiento y vigor a las plantas, mientras que en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) reportaron un aumento del 38,1 % del rendimiento de los frutos (Castillo et al., 2022).

Basado en estudios realizados en otros cultivos, Loeza-Lara et al. (2024) plantearon que los bioestimulantes naturales, como los extractos de algas marinas, los ácidos húmicos y fúlvicos y el L-triptófano, tienen un gran potencial para mejorar la calidad de las plantas frutales y ornamentales; mientras que Mosa et al. (2023) encontraron un incremento significativo en longitud y diámetro de los brotes, área foliar y contenido relativo de clorofila en las hojas en el cultivo del manzano (*Malus domestica* L.) cv. Anna, cuando se aplicó foliarmente bioproductos elaborados a partir del extracto de hojas de Moringa, algas marinas y ácido fúlvico y sus combinaciones.

Por su parte Shahzad et al. (2025) en cultivos hortícolas, como el tomate y la lechuga, los biofertilizantes basados en PGPR (bacterias promotoras del crecimiento vegetal) mejoraron la germinación, vigor y supervivencia de las plántulas, gracias a la fijación biológica de N, la solubilización de P y la producción de fitohormonas.

Según Díaz et al. (2023) los cambios que se producen en la organización y el metabolismo celular de las plantas cultivadas, cuando son tratadas con sustancias o productos biológicamente activos, pueden inducir la respuesta obtenida para las variables área foliar y masa fresca y seca de las plantas.

### Efecto del Codafol® sobre el índice de calidad de las posturas de cafetos

Diversos autores señalan el índice de calidad de Dickson como un parámetro integrador de variables morfológicas y de crecimiento. Este indicador resulta útil para la selección de plántulas vigorosas antes del trasplante a campo (Grossnickle & MacDonald, 2018; Alves Pereira et al., 2018; Sampaio Silveira et al., 2019).

Los valores del índice de calidad de las posturas, obtenidos tras la aplicación de las diferentes concentraciones del fertilizante, se consideran aceptables (Tabla 4). Este criterio se basa en los parámetros propuestos por (Dickson et al., 1960) para la evaluación de posturas de abeto blanco y pino blanco. En los dos años evaluados, las variantes tratadas con Codafol® mostraron diferencias significativas con respecto al tratamiento testigo.

Las concentraciones para cada variable estudiada fueron ajustadas según el modelo discontinuo rectilíneo propuesto por Waugh et al. (1972); los resultados de dichos ajustes se presentan en la tabla 5. Grossnickle & MacDonald (2018) plantean que el establecimiento de plantas con características de alta calidad incrementa la oportunidad de un mejor desempeño en campo. Ante la falta de antecedentes en el uso de este indicador para la especie de cafetos estudiada, se asumen las conclusiones de estos autores como criterio para utilizar los valores obtenidos en los índices de calidad determinados como una base referencial para futuros proyectos de producción o investigación.

Rivera et al. (2020) señalan que, en los estudios realizados en Cuba con posturas de cafetos, se ha seleccionado el área foliar para discriminar el efecto de los tratamientos en los experimentos en vivero. Esta variable morfológica es la que mejor respuesta ha brindado al crecimiento integral de las posturas. Asimismo, los mayores valores que presenta

en centímetros cuadrados, en relación con la altura en centímetros o los pares de hojas, permiten que los efectos estudiados se expresen con mayor claridad.

Considerando lo expresado por dichos autores, se recomienda la concentración de 2,50 ml L<sup>-1</sup> de Codafol® para la fertilización foliar del café en la fase de vivero. Este ajuste se encuentra dentro del rango mínimo propuesto por el fabricante (Hubel, 2017), el cual recomienda aplicaciones de 200 a 400 mL por cada 100 litros de agua.

Estos resultados coinciden con los estudios realizados por Ferrás et al. (2023), sobre la aplicación de diferentes concentraciones de Codafol 14-6-5 en la producción de posturas de cafetos, quienes encontraron que la concentración de 2,50 ml L<sup>-1</sup> incrementó el índice de eficiencia para los indicadores masa seca y área foliar.

En el manejo de cultivos frutales Barreto et al. (2023) plantean que los bioestimulantes constituyen una herramienta para reducir los costos de fertilización y mejorar la resiliencia frente a estrés abiótico, con efectos positivos en la fase de establecimiento de plántulas, criterio que se ajusta a la producción de posturas en el cultivo del café.

### CONCLUSIONES

La fertilización foliar con Codafol® constituye una práctica agronómica efectiva para optimizar la morfología de las posturas de café (*Coffea arabica* L.) en fase de vivero. Su aplicación ejerce un efecto benéfico generalizado, manifestado en incrementos significativos de indicadores clave como la masa seca y el área foliar, lo que demuestra que los nutrientes aplicados son absorbidos eficientemente y promueven un crecimiento vigoroso y de calidad superior al de las plantas no tratadas.

La dosis de 2,50 ml L<sup>-1</sup> de Codafol® se presenta como la más recomendable, al inducir los mejores resultados integrales en el desarrollo de las posturas. Aunque la altura y el diámetro del tallo mostraron diferencias significativas solo durante el primer año de evaluación, la masa seca aérea, radical y total, así como el área foliar, reflejaron consistentemente un efecto positivo. El modelo rectilíneo discontinuo confirma que esta concentración optimiza variables determinantes como el área foliar para el trasplante.

**Tabla 5.** Ajuste de las dosis para las variables en estudio con la aplicación del modelo rectilíneo discontinuo (Waugh et al., 1972).

Variable	Año	Ecuación	R <sup>2</sup>	X recomendada	Y máxima
Área Foliar	2021	Y=387,8722+21,7244x	88,27	2,5	442,18
	2022	Y=493,85+21,4080x	99,71	2,1394	539,65
Masa seca total	2021	Y=3,700 + 0,608 x	93,14	1,5844	4,6633
	2022	Y=3,1700 + 0,5040 x	91,58	1,5542	3,95
Altura	2021	Y=27,11 + 1,1120 x	49,53	2,1373	29,4867
	2022	Y=30,0067 + -0,2560 x	100	0,5143	29,88
Diámetro del tallo	2021	Y=3,3375 + 0,1220 x	63,38	3,75	3,795
	2022	-	-	-	-

Las posturas tratadas con Codafo1® alcanzaron valores de índice de calidad (Dickson) aceptables y superiores al testigo, lo que indica su vigor y mayor probabilidad de éxito en establecimiento en campo. Como el área foliar es la variable que mejor discrimina el crecimiento integral en estas condiciones, y que el ajuste de 2,50 ml L<sup>-1</sup> se alinea con las recomendaciones del fabricante, se concluye que esta dosis es la más adecuada para la producción de posturas de café en vivero.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelsalam, N. R., Kandil, E. E., Al-Msari, M. A. F., Al-Jaddadi, M. A. M., Ali, H. M., Salem, M. Z. M., & Elshikh, M. S. (2019). Effect of foliar application of NPK nanoparticle fertilization on yield and genotoxicity in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Science of The Total Environment*, 653, 1128-1139. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.023>.
- Álvarez, J. L. y Damião, J. C. (2018). Producción de posturas de café con la aplicación de microorganismos eficientes en Angola. *Rev. Centro Agrícola*. 45(2):29-33. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci-art-text&pid=S0253-57852018000200004>.
- Alves Pereira, R., Gomes Júnior, G. A., Rodrigues, E. M., Sodré, G. A., & Sacramento, C. K. do. (2018). Manejo de matrizes interfere no rendimento e na qualidade de mudas de cacauzeiros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(3), 1-8. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018582>.
- Ashouri Vajari, M., Fatahi Moghadam, J., & Eshghi, S. (2018). Influence of late season foliar application of urea, boric acid and zinc sulfate on nitrogenous compounds concentration in the bud and flower of Hayward kiwifruit. *Scientia Horticulturae*, 242, 137-145. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.07.029>.
- Barreto, G., Petry, C., Silveira, D., Trentin, T., Turmina, A. P., & Chiomento, J. L. T. (2023). Uso de bioestimulantes en el manejo sustentable de cultivos frutales: una revisión narrativa. *Latin American Developments in Energy Engineering*, 4(1): 29-48. <https://doi.org/10.17981/la-dee.04.01.2023.3>.
- Barrios, M. B., Buján, A., Debelis, S. P., Sokolowski, A. C., Blasón, Á. D., Rodríguez, H. A., López, S. C., De Grazia, J., Mazo, C. R., Gagey, M. C., Barrios, M. B., Buján, A., Debelis, S. P., Sokolowski, A. C., Blasón, Á. D., Rodríguez, H. A., López, S. C., De Grazia, J., Mazo, C. R., & Gagey, M. C. (2014). Relación de raíz/biomasa total de Soja (*Glycine max*) en dos sistemas de labranza. *Terra Latinoamericana*, 32(3), 221-230.
- Basave-Villalobos, E., Cetina-Alcalá, V. M., López-López, M. Á., Trejo, C., Ramírez-Herrera, C., Conde-Martínez, V., Basave-Villalobos, E., Cetina-Alcalá, V. M., López-López, M. Á., Trejo, C., Ramírez-Herrera, C., & Conde-Martínez, V. (2020). Fertilización de *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth en vivero: Efectos en la calidad de planta. *Madera y bosques*, 26(3). <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2632059>.
- Bustamante, C.A.; Ferrás, Y. ; Sánchez, O.; Viñals, R. & Pérez, J.A. (2018). Respuesta de variedades de *Coffea arabica* L. a la aplicación de FitoMas-E en dos suelos cubanos. *Café Cacao* 17(1):15-25.ISSN: 1680-7685.
- Bustamante, C.A.; Viñals, R. & Ferrás, Y. (2019). Efecto de concentraciones de FitoMas-E en el crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. *Café Cacao* 18(2):40-47. ISSN: 1680-7685.
- Bustamante, C.A.; Vázquez, Y.; Fernández, I. & Ferr s, Y. (2023). Effects of different VIUSID Agro concentrations on the growth of *Coffea arabica* L. seedlings. *Agro Productividad* 16(7):79-87. <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i7.2522>.
- Carga Chávez, J., Echeverría Arangundi, C. M., & Cedeño García, G. A. (2020). Efectividad de biochar y biofertilizantes en el crecimiento y calidad de plántulas de cacao. *Revista ESPAMCIENCIA*, 11(2), 95-100.
- Carga Chávez, J., Luna Tamayo, A. K., González Sanango, H., Cedeño García, G. A., Cedeño Sac n,  . F., Carga Chávez, J. E., Luna Tamayo, A. K., González Sanango, H., Cedeño García, G. A., & Cedeño Sac n,  . F. (2022). Crecimiento y calidad de plantas de café arábica con la aplicación de biochar y biofertilizantes en vivero. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 38(1), 3-14. <https://doi.org/10.29393/chjaas38-lccja50001>.
- Canseco, M. D.A.; Villegas, A.Y.; Castañeda, H. E.; Robles, C.P.; Carrillo, R.J.C. & Santiago, M.G.M. (2020). Respuesta de *Coffea arabica* L. a la aplicación de abonos orgánicos y biofertilizantes. *Rev. Mex. Cienc. Agr c.* 11(614):1285-1298. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v11n6/2007-0934-remexca-11-06-1285.pdf>.
- Carvajal, J. F. (1984). *Cafeto. Cultivo y fertilización*. (Berna) (2  ed.). Instituto Internacional de la Potasa.
- Castillo, J.; Fornaris, A.A. & Hechavarría, J. (2022). Efecto de cuatro fertilizantes foliares sobre el rendimiento y calidad del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (en línea). *Ciencia en su PC* 1(2):1-4, <https://www.redalyc.org/journal/1813/181373019009/html/>
- CENICAFE. (2013). *Manual del cafetero colombiano: II* (Centro Nacional de Investigaciones de Café). Federación Nacional de cafeteros de Colombia.
- Clemente, J. M., Martínez, H. E. P., Pedrosa, A. W., Poltronieri Neves, Y., Cecon, P. R., & Jifon, J. L. (2018). Boron, Copper, and Zinc Affect the Productivity, Cup Quality, and Chemical Compounds in Coffee Beans. *Journal of Food Quality*, 2018(1), 7960231. <https://doi.org/10.1155/2018/7960231>.
- Díaz Medina, A., Carrillo González, A. & Suárez Pérez, C. (2023). Efecto de bioproductos sobre el desarrollo de posturas de café en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 14 (4): 495-505. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i4.3303>.

- Dickson, A., Leaf, A., & Hosner, J. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, 36, 10-13.
- Espinoza, R. J., Ortiz, J., Mendoza, M. D. C., Villegas, A., Peña, C., Almaguer, G., & Villaseñor, J. A. (1998). Modelo de regresión para la estimación de peso fresco y seco de ramas de durazno (*Prunus persica*). *Revista Chapingo Serie horticultura*, 4(2), 125-131.
- Ferrás, Y.; Bustamante, C.A. & Pérez, P. (2023). Respuesta de posturas de café a la aplicación foliar de un bioestimulador (en línea). *Ingeniería Agrícola* 1(3) e05 <https://www.redalyc.org/journal/5862/586275623005/html/>
- Ferrás, Y.; Bustamante, C.A. & Pérez, V. (2024). Ciclos de aplicación de un bioestimulante sobre el desarrollo de plantas de café en vivero. *Agronomía Costarricense* 48(2): 143-149. ISSN 2215-2202 [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/index.html](https://www.mag.go.cr/rev_agr/index.html)
- García-Alzate, J., Benavides-Cardona, C. A., & Álvarez-Sánchez, D. E. (2022). Aplicación de urea, DAP Y KCL sobre almácigos de café (*Coffea arabica* L.) de la variedad Castillo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(1), 33-49, ISSN: 2145-6097. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/4297/5257>
- González Ulibarry, P. (2019). *Fertilizantes foliares. Generalidades*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Asesoría Técnica Parlamentaria. [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27247/1/Fertilizantes\\_Foliares.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27247/1/Fertilizantes_Foliares.pdf).
- González-Fernández, C., Ferrás-Negrín, Y., Meneses-Zamora, I., & Ortiz-Gómez, N. (2017). Efecto del humus de lombriz en sustratos para la producción de posturas de café en suelo Ferralítico Lixiviado ácido. *Café Cacao*, 16(2), 27-32.
- Grossnickle, S. C., & MacDonald, J. E. (2018). Seedling Quality: History, Application, and Plant Attributes. *Forests*, 9(5), 283. <https://doi.org/10.3390/f9050283>.
- Hernández Jiménez, A., Pérez Jiménez, J. M., Bosh Infante, D., & Castro Speck, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS. INSTITUTO DE SUELOS.
- Hubel. (2017). *Ficha Técnica de Producto: CODAFOL 14-6-5. Referencia: FC-0050A*. Grupo Hubel Verde.
- INAF. (2013). *Instructivo Técnico Café Árabe* (Instituto de Investigaciones Agro Forestales). Ministerio de la Agricultura.
- InfoStat. (2001). *InfoStat versión 1.0* [Software]. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Li, J., Liu, H., Wang, H., Luo, J., Zhang, X., Liu, Z., Zhang, Y., Zhai, L., Lei, Q., Ren, T., Li, Y., & Bashir, M. A. (2018). Managing irrigation and fertilization for the sustainable cultivation of greenhouse vegetables. *Agricultural Water Management*, 210, 354-363. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.036>.
- Loeza-Lara, P., Jiménez-Mejía, R., & Santoyo, G. (2024). El efecto de los bioestimulantes en cultivos hortícolas. *Horticulturae*, 10 (10), 1086. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10101086>.
- Mosa, W.F.A.; Sas-Paszt, L.; Gluszek, S.; Górnik, K.; Akbar Anjum, M.; Saleh, A.A.; Abada, H.S. & Awad, R.M. (2023). Effect of Some Biostimulants on the Vegetative Growth, Yield, Fruit Quality Attributes and Nutritional Status of Apple. *Horticulturae*, 9, 32. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010032>.
- Orozco A., M., & Calvo Araya, J. A. (2019). Consideraciones técnicas para la preparación de abonos foliares de fabricación casera. *Revista Pensamiento Actual*, 19(33), 106-120. <https://doi.org/10.15517/pa.v19i33.39636>.
- Puppe, D., & Acosta, M. (2018). Experiments, Uptake Mechanisms, and Functioning of Silicon Foliar Fertilization-A Review Focusing on Maize, Rice, and Wheat. En *Advances in Agronomy* (Vol. 152, pp. 1-49). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2018.07.003>.
- Rivera, R., Martín, G. M., Simó, J. E., Pentón, G., García-Rubido, M., Ramírez, J., J. G. P., Joao, J. P., Ojeda, L., Tamayo, Y., & Bustamante, C. (2020). Benefits of joint management of green manure and mycorrhizal inoculants in crop production. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 23(3), Article 97.
- Rossi, L., Fedenia, L. N., Sharifan, H., Ma, X., & Lombardini, L. (2019). Effects of foliar application of zinc sulfate and zinc nanoparticles in coffee (*Coffea arabica* L.) plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 135, 160-166. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.12.005>.
- Sadeghian, S., & Ospina, C. (2021). Manejo nutricional de café durante la etapa de almácigo. *Avances Técnicos Cenicafe*, 532, 1-8.
- Salamanca, A., & González-Osorio, H. (2020). Respuesta del café a la aplicación foliar de nutrientes. *Revista Cenicafe*, 71(2), 124-142. <https://doi.org/10.38141/10778/71210>.
- Sampaio Silveira, S., Posse, R. P., da Silva, S. M. F., de Souza Oliveira, V., Valani, F., Partelli, R. L., de Moura Trindade, I., Souza, C. A. S., Posse, S. C. P., & Costa, G. S. (2019). Growth and quality of genotype ps-1319 cacao seedlings produced under different irrigation depths. *Journal of Agricultural Science*, 11(16), 238-247.
- Shahzad, M.; Hayat, R.; Mujtaba, G.; Ur Rehman, W. & Nadeem, M. (2025). Biofertilizers in sustainable agriculture: mechanisms, applications, and future prospects. *Discov Agric* 3, 224. <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00318-0>.
- Sheng, F., Gao, K., Hu, W., Wang, S., Chen, B., & Zhou, Z. (2019). Foliar and seed application of plant growth regulators affects cotton yield by altering leaf physiology and floral bud carbohydrate accumulation. *Field Crops Research*, 231, 105-114.

- Soto, F. (1980) Estimación del área foliar en *C. arabica* L. a partir de las medidas lineales de las hojas. *Cultivos Tropicales*, 2(3): 115-128.
- van Noordwijk, M., & Willigen, P. de. (1987). Agricultural concepts of roots: From morphogenetic to functional equilibrium between root and shoot growth. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 35(4), 487-496. <https://doi.org/10.18174/njas.v35i4.16707>.
- Valverde, Y.L.; Moreno, J.Q.; Quijije, K.Q.; Castro, A.L.; Merchán, W. G. & Gabriel, J.O. (2020). Los bioestimulantes: una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arabica* L.). *J. SelvaAndina Res.Soc.*11(1):18-28. <http://www.scielo.org/bo/scie-lo.php?pid=S2072-92942020000100003&script=sci-art-text>.
- Viñals-Núñez, R., Bustamante-González, C. A., Ramos-Hernández, R., Sánchez-Durán, O., Moran-Rodríguez, N., & Ferrás-Negrín, Y. (2017). Empleo de bioproductos en la producción de posturas de *Coffea arabica* L. *Café Cacao*, 16(1), 35-43.
- Waugh, D. L., Cate, R. B., & Nelson, L. A. (1972). *Modelos discontinuos para una rápida correlación, interpretación y utilización de los datos de análisis de suelo y la respuesta a la fertilización* (No. 7; p. 106). Proyecto Internacional de Evaluación y Mejoramiento de la Fertilidad del Suelo. North Carolina State University.