



UTILIZACIÓN DE LA NEREA® COMO COMPONENTE DEL SUSTRATO EN LA PRODUCCIÓN DE POSTURAS DE CAFETOS

USE OF NEREA® AS A SUBSTRATE COMPONENT IN THE PRODUCTION OF COFFEE SEEDLINGS

R. VIÑALS NÚÑEZ¹ *, C. BUSTAMANTE GONZÁLEZ²

Unidad Científico Tecnológica de Base Estación Experimental Agro-Forestal Velasco, Gibara, Cuba.
Unidad Científico Tecnológica de Base Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente,
Santiago de Cuba, Cuba. E-mail: marlonalejandro2012@gmail.com.

*Autor para correspondencia: vinals1964@gmail.com.

RESUMEN

La producción de posturas de cafetos de alta calidad es crucial para mejorar la productividad en las plantaciones de café. Este estudio evaluó el uso de Nerea®, un fertilizante de liberación controlada basado en zeolitas, como componente del sustrato en la producción de posturas de *Coffea arabica* L., con el objetivo de optimizar el crecimiento de las plantas y reducir los impactos ambientales asociados al uso de fertilizantes convencionales. El experimento se realizó en viveros de Sagua de Tánamo y La Maya, Cuba, mediante un diseño completamente aleatorizado con cuatro proporciones de Nerea® (5 %, 10 %, 15 % y 20 %) y un testigo. Se midieron indicadores de crecimiento como altura, diámetro del tallo, masa seca, área foliar e índice de calidad. Los resultados mostraron que el 10 % de Nerea® fue la proporción más efectiva, que mejoró significativamente la altura, el peso seco y el área foliar en ambas localidades, aunque el efecto fue más pronunciado en Sagua de Tánamo. No se observaron diferencias significativas en el diámetro del tallo. La relación biomasa seca aérea/radical se mantuvo dentro de rangos adecuados, lo que indicó un equilibrio saludable en el desarrollo de las plantas. Se concluye que el 10 % de Nerea® es la proporción óptima para mejorar el crecimiento de posturas de cafetos, con resultados variables según la localidad.

Palabras clave: zeolitas, fertilizante, crecimiento, biomasa, viveros

ABSTRACT

The production of high-quality coffee seedlings is crucial to improve productivity in coffee plantations. This study evaluated the use of Nerea®, a zeolite-based controlled-release fertilizer, as a substrate component in the production of *Coffea arabica* L. seedlings, with the aim of optimizing plant growth and reducing the environmental impacts associated with the use of conventional fertilizers. The experiment was conducted in nurseries in Sagua de Tánamo and La Maya, Cuba, using a completely randomized design with four proportions of Nerea® (5%, 10%, 15%, and 20%) and a control. Growth indicators such as height, stem diameter, dry mass, leaf area, and quality index were measured. The results showed that 10% of Nerea® was the most effective proportion, significantly improving height, dry weight, and leaf area in both locations, although the effect was more pronounced in Sagua de Tánamo. No significant differences were observed in stem diameter. The dry aerial/root biomass ratio remained within adequate ranges, indicating a healthy balance in plant development. It is concluded that 10% of Nerea® is the optimal proportion to improve the growth of coffee seedlings, with variable results depending on the location.

Keywords: zeolites, fertilizer, growth, biomass, nurseries

INTRODUCCIÓN

La calidad de las posturas es un factor determinante para lograr plantaciones de café altamente productivas (Díaz Medina et al., 2021). Romero & Camilo (2019) concluyeron que la siembra de plantas de buena calidad contribuye significativamente a mejorar la productividad y la producción de café en las fincas. La producción de posturas en contenedores plásticos representa una de las innovaciones

tecnológicas introducidas en el país, la cual ofrece múltiples ventajas. Entre estas ventajas, Coelho et al. (2018) y Bachião et al. (2018) destacaron la reducción de la incidencia de patógenos, el aumento del crecimiento de las raíces, la formación adecuada del sistema radicular y la disminución del volumen de sustratos requeridos. Además, esta técnica reduce la presencia de malezas, optimiza el espacio en los viveros y disminuye los costos de transporte.

Recibido: 10/4/2022

Aceptado: 17/6/2022

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés



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/>



Los fertilizantes son esenciales para promover el crecimiento y la producción de los cultivos, pero su uso excesivo puede generar graves problemas ambientales. Una alternativa prometedora es el desarrollo de materiales agroecológicos elaborados a partir de materias primas de bajo costo. En este contexto, destaca el producto Nerea®, un portador de nutrientes obtenido mediante la modificación consecutiva de clinoptilolita/mordenita con soluciones acuosas de $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ y urea, lo que permite su enriquecimiento con fósforo (P) y nitrógeno (N). Este producto tiene un gran potencial como fertilizante de liberación controlada, ya que combina un bajo costo con un uso eficiente de nutrientes y beneficios medioambientales (De la Nuez et al., 2023).

Según Carballo et al. (2023), los agrominerales Nerea® y Agromena-G incorporan una cantidad mínima de nutrientes químicos, lo que reduce el costo de los fertilizantes NPK y aumenta el rendimiento agrícola. Las zeolitas, componentes clave de estos productos, son especialmente adecuadas para retener iones como el amonio (NH_4^+), lo que retrasa el proceso de nitrificación. Además, su alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), que oscila entre 120 y 200 $\text{cmol}^{\text{c}}/\text{kg}^{-1}$, reduce la lixiviación de amonios y nitratos hacia las aguas subterráneas (Jha et al., 2009; citado por Soca (2018)). El objetivo de este estudio es evaluar la respuesta en el crecimiento de posturas de cafetos (*Coffea arabica* L.) al utilizar Nerea® como componente del sustrato. Este enfoque busca determinar la eficacia de este producto en la mejora del desarrollo de las plantas, considerando su potencial como fertilizante de liberación controlada. La investigación se enfoca en optimizar el uso de recursos y minimizar los impactos ambientales asociados con el cultivo del café.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en los viveros tecnificados de las Empresas Agroforestales Sagua de Tánamo y La Maya, ubicadas en las provincias de Holguín y Santiago de Cuba, respectivamente. El estudio se desarrolló durante la campaña de producción de posturas, desde noviembre de 2021 hasta julio de 2022. Para el llenado de los tubetes, se preparó un sustrato compuesto por humus de lombriz y suelo, específicamente fluvisol mullido húmico carbonatado en Sagua de Tánamo y pardo ócrico sin carbonatos en La Maya, según la Clasificación de los Suelos de Cuba (Hernández et al., 2015).

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado para evaluar el efecto de la incorporación de Nerea® en el crecimiento de las posturas de *Coffea arabica* L. Las variedades utilizadas fueron Isla 6-14 en Sagua de Tánamo y San Ramón en La Maya. Se probaron cuatro proporciones de Nerea® (5 %, 10 %, 15 % y 20 %), junto con un tratamiento testigo, lo que sumó un total de cinco tratamientos en el experimento (Tabla 1).

Tratamientos	Conformación del sustrato		
	Suelo	Humus	Nerea®
1	50 %	50 %	0
2	50 %	45 %	5 %
3	50 %	40 %	10 %
4	50 %	35 %	15 %
5	50 %	00 %	20 %

Las semillas se germinaron en un lecho de arena de río y se trasplantaron a tubetes de polipropileno negro grisáceo cuando alcanzaron la fase de mariposa. Estos tubetes tenían una capacidad de 180 cm^3 , una altura de 13 cm y una forma cónica, con un diámetro interno de 5 cm en la parte superior y 1 cm en la inferior. Además, presentaban estrías internas y una abertura en la base.

Cada tratamiento se dispuso en una bandeja con 54 tubetes. Cuando las posturas desarrollaron tres pares de hojas verdaderas, se separaron en dos bandejas para evitar la competencia causada por la alta densidad. Se consideraron como parcela útil las 28 plantas centrales de ambas bandejas por tratamiento. La estructura del vivero se cubrió con una malla de sarán negra que permitía el paso del 50 % de la luz. Para el riego, se utilizaron microaspersores aéreos que aseguraron una humectación uniforme de los tubetes, alcanzando entre el 80 % y el 100 % de la capacidad de campo, con gotas de agua finas y de baja densidad.

Cuando las posturas alcanzaron seis pares de hojas verdaderas, se midieron los siguientes indicadores de crecimiento:

- **Altura de la planta (cm):** Se midió con una regla graduada desde la base de la planta hasta el ápice.
- **Diámetro del tallo (cm):** Se determinó con un pie de rey a un centímetro de la base de la planta.
- **Masa seca aérea y radical (g):** Se separó el sistema aéreo del radical, se lavó con agua destilada y se secó en una estufa a 70 °C hasta alcanzar un peso constante. La masa seca se midió con una balanza analítica.
- **Área foliar (cm^2):** Se estimó a partir de las dimensiones lineales de las hojas, según la fórmula de Soto (1980).
- **Índice de calidad de las posturas:** Se calculó con base en las características morfológicas evaluadas, según 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 se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple, con el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2014). Cuando se detectaron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de comparación de rangos múltiples de Duncan, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. Para recomendar la proporción óptima de Nerea®, se correlacionó el indicador de área foliar, considerado la variable morfológica con mayor impacto en el crecimiento integral de las posturas de cafetos (Rivera et al., 2020), con las cantidades de Nerea® utilizadas en cada tratamiento.

RESULTADOS

Los resultados más consistentes se obtuvieron cuando en la conformación del sustrato se utilizó entre el 5 % y el 10 % de Nerea® en Sagua de Tánamo, y el 10 % en La Maya. Estos porcentajes mostraron los mejores valores en casi todas las mediciones realizadas, con excepción del diámetro del tallo, donde no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en ambas localidades. Tampoco se encontraron diferencias significativas en el peso seco radical y el índice de calidad de las posturas en La Maya (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de la proporción de Nerea® en el sustrato sobre la altura y el diámetro del tallo de las posturas de cafetos (cm).

Tratamientos	Altura		D. Tallo	
	Sagua	La Maya	Sagua	La Maya
suelo:humus	15,54 c	26,98 b	3,15	3,67
5 % Nerea®+50 % S+45 % H	18,70 b	29,10 ab	3,49	3,73
10 % Nerea®+50 % S+40 % H	19,35 a	30,70 a	3,46	4,02
15 % Nerea®+50 % S+35 % H	16,00 c	31,50 a	3,34	3,64
20 % Nerea®+50 % S+30 % H	15,66 c	28,20 ab	3,29	3,81
<i>C.K.</i>	3,63	10,44	8,99	7,99
<i>E.S.</i>	0,20***	0,96*	0,10 ns	0,10 ns

Al evaluar la altura de las posturas, la incorporación del 10 % de Nerea® como componente del sustrato mostró el mejor comportamiento en el vivero de Sagua de Tánamo, diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos. En el vivero de La Maya, los tratamientos con 10 % y 15 % de Nerea® presentaron la mejor respuesta, aunque sin diferencias significativas respecto a las otras proporciones. Cabe destacar que, en La Maya, las posturas alcanzaron valores superiores, pero el incremento de este indicador respecto al testigo fue inferior al observado en Sagua de Tánamo, donde se registró un aumento del 24,5 %.

El diámetro del tallo no mostró diferencias significativas en ninguno de los sitios donde se realizó el estudio (Tabla 2). Este resultado sugiere que la variación en la proporción de Nerea® no influyó de manera significativa en este parámetro en ninguna de las localidades evaluadas.

En Sagua de Tánamo, los mejores resultados para el peso seco (aéreo, radical y total) se obtuvieron con el uso del 5 % y 10 % de Nerea® en el sustrato. Estos tratamientos no mostraron diferencias significativas entre sí, pero sí respecto a los demás. En La Maya, el peso seco aéreo más alto se alcanzó con el 10 % de Nerea®, mientras que el peso seco total fue mayor con el 10 % y el 20 %. Sin embargo, no se observó respuesta significativa en el peso seco de las raíces (Tabla 3).

La relación biomasa seca aérea/biomasa seca radical mostró valores considerados adecuados en ambas localidades. En Sagua de Tánamo, estos valores oscilaron entre 1,02 y 1,57, mientras que en La Maya estuvieron entre 1,68 y 2,13. Según Rodríguez (2008), una buena relación debe fluctuar entre 1,5 y 2,5, ya que valores superiores indican desproporción y un sistema radical insuficiente para proveer energía a la parte aérea de la planta.

En Sagua de Tánamo, la biomasa seca total de los mejores tratamientos incrementó entre el 41 % y el 47,2 % respecto al testigo. En contraste, en La Maya, este incremento fue menor, alcanzando solo entre el 9,5 % y el 10,2 %. Esto sugiere que el efecto de Nerea® fue más pronunciado en Sagua de Tánamo que en La Maya.

Tabla 3. Efecto de la proporción de Nerea® en el sustrato sobre el peso seco de las posturas de cafetos (g).

Tratamientos	PS aéreo		PS radical		PS total	
	Sagua	La Maya	Sagua	La Maya	Sagua	La Maya
suelo:humus	1,40 b	2,24 c	0,89 c	1,33	2,29 c	3,57 b
5 % Nerea®+50%S+45%H	1,65 a	2,06 c	1,58 a	1,13	3,23 a	3,19 c
10 % Nerea®+50%S+40%H	1,76 a	2,66 a	1,61 a	1,25	3,37 a	3,91 a
15 % Nerea®+50%S+35%H	1,45 b	2,34 bc	1,38 b	1,16	2,83 b	3,50 bc
20 % Nerea®+50%S 30%+H	1,31 b	2,63 ab	1,28 b	1,33	2,60 b	3,96 a
<i>C.K.</i>	10,19	6,74	16,05	7,92	10,74	4,94
<i>E.S.</i>	0,05***	0,09*	0,07***	0,06 ns	0,10***	0,10**

Las posturas de cafetos en Sagua de Tánamo alcanzaron una mayor área foliar cuando se desarrollaron en un sustrato con el 5 % y el 10 % de Nerea®. En La Maya, los mejores resultados se obtuvieron con la incorporación del 10 % de Nerea® (Tabla 4). Esto indica que la proporción óptima de Nerea® puede variar según la localidad.

Tabla 4. Efecto de la proporción de Nerea® en el sustrato sobre el área foliar (cm²) y el índice de calidad de las posturas de cafetos.

Tratamientos	Área foliar		I.C.	
	Sagua	La Maya	Sagua	La Maya
suelo:humus	187,35 b	262,53 c	0,35 b	0,38
5 % Nerea®+50 % S+45 % H	231,12 a	312,93 b	0,50 a	0,33
10 % Nerea®+50 % S+40 % H	239,62 a	384,95 a	0,50 a	0,40
15 % Nerea®+50 % S+35 % H	203,63 b	294,29 bc	0,48 a	0,36
20 % Nerea®+50 % S+30 % H	191,65 b	301,84 b	0,45 a	0,41
C.V.	10,95	11,70	14,34	7,37
E.S.	7,29***	11,52***	0,02***	0,02 ns

Al evaluar las diferencias morfológicas entre las plantas de los diferentes tratamientos con Nerea®, mediante la determinación del índice de calidad (Tabla 4), se encontraron diferencias significativas respecto al testigo en Sagua de Tánamo. En La Maya, no se observaron diferencias significativas. Sin embargo, en ambas localidades, los valores obtenidos se consideraron de aceptables a buenos, según los criterios de Dickson et al. (1960), quienes sugieren que a mayor valor del índice de calidad, mejor es la calidad de la planta.

Al correlacionar las diferentes proporciones de Nerea® con el área foliar obtenida en cada sitio, se observó que los valores de esta variable se mantuvieron alrededor del 10 %. Por lo tanto, se propone esta proporción como la más adecuada para ser utilizada en la conformación del sustrato de los tubetes en la producción de posturas de cafetos (Tabla 5).

Tabla 5. Ecuaciones de correlación de la variable área foliar con las proporciones de Nerea® utilizadas como componente del sustrato.

Variable	Sitio	Ecuación	R ²	Y máxima
Área foliar	Sagua	$y = -0,445x^2 + 0,8535x + 192,1$	0,80	9,59
	La Maya	$y = -0,709x^2 + 15,39x + 263,8$	0,58	10,85

CONCLUSIONES

1. El 10 % de Nerea® en el sustrato mostró los mejores resultados en ambas localidades, destacándose en la altura de las posturas, el peso seco y el área foliar.

En Sagua de Tánamo, este porcentaje incrementó la biomasa seca total entre un 41 % y 47,2 %, mientras que en La Maya el aumento fue menor (9,5 %-10,2 %), lo que sugiere un efecto más pronunciado en Sagua de Tánamo.

2. El diámetro del tallo no mostró diferencias significativas en ninguna localidad, indicando que la proporción de Nerea® no influye en este parámetro. Sin embargo, el índice de calidad de las posturas fue significativamente mejor en Sagua de Tánamo con el uso de Nerea®, mientras que en La Maya no se observaron diferencias significativas, aunque los valores se consideraron aceptables.
3. La relación biomasa seca aérea/biomasa seca radical se mantuvo dentro de rangos adecuados (1,02-1,57 en Sagua de Tánamo y 1,68-2,13 en La Maya), indicando un equilibrio adecuado entre el desarrollo aéreo y radical de las plantas. Esto sugiere que Nerea® no compromete el sistema radical y mantiene una proporción saludable para el crecimiento de las posturas de cafetos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bachião, P. O. B., de Rezende Maciel, A. L., Avila, R. G., & Campos, C. N. (2018). Crescimento de mudas de cafeeiro em tubos com fertilizante de liberação lenta. *Revista Agrogeoambiental*, 10, 105-116. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181100>
- Carballo, P. A., Orozco, M. G., & Cuza, F. G. (2023). *Formulação de agrominerais à base de zeólitos naturais e outros recursos minerais em Cuba*. Workshop sobre a utilidade dos agrominerais, Luanda, Angola.
- Coelho, V. P. de M., Rosa, K. M., Paiva, P. E. B., Moreira, É. F. A., & Carvalho, M. (2018). Fertigation and growth regulator on coffee seedling production in tubes. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 48(4), 350-357.
- De la Nuez, E., Rodríguez, I., Rodríguez, G., Petranovskii, V., Martínez, A., Calvino, J., Goma, D., Cauqui, M. A., Rivero, L., & Collazo, O. (2023). *Estudio por Espectroscopia FTIR de la Interacción entre Clinoptilolita/Mordenita y Urea para Fines Agrícolas*. 859-860.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2014). InfoStat versión 2014. InfoStat Group, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [URL http://www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar).
- Díaz Medina, A., López Pérez, Y., Suárez Pérez, C., & Díaz Suárez, L. (2021). Efecto del FitoMas-E y dos proporciones de materia orgánica sobre el crecimiento de plántulas de café en vivero. *Centro Agrícola*, 48(1), 14-22.
- Dickson, A., Leaf, A. L., & Hosner, J. F. (1960). QUALITY APPRAISAL OF WHITE SPRUCE AND WHITE PINE SEEDLING STOCK IN NURSERIES. *The Forestry Chronicle*, 36(1), 10-13. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>

- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., & Castro, N. (2015). *Clasificación de los Suelos de Cuba*. INCA.
- Rivera, R. A., Martín, G. M., Simó, J. E., Pentón, G., García-Rubido, M., Ramírez, J. F., Gonzalez, P. J., Joao, J. P., Ojeda, L., & Tamayo, Y. (2020). Benefits of joint management of green manure and mycorrhizal inoculants in crop production. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 23(3), 97.
- Rodríguez, D. A. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal*. Mundi-Prensa. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/21586>
- Romero, J. M., & Camilo, J. (2019). *Manual de producción sostenible de café en la República Dominicana*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA.
- Soca, M. (2018). Uso de la zeolita en cultivos de importancia económica. *INFOMIN*, 10(1), 46-56.