



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

manuela@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago
de Cuba

Cuba

Guevara-Frometa, Wilmer; Machado-Carcasés, Gualvis; Bustamante-González, Carlos Antonio

**Relación entre la fertilidad de sustratos y el crecimiento de posturas
de café (coffea arabica L.) en Contramaestre, Santiago de Cuba**

Ciencia en su PC, vol. 1, núm. 1, 2021, Enero-Marzo, pp. 94-110

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba

Santiago de Cuba, Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181368034007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

**Relación entre la fertilidad de sustratos y el crecimiento de posturas de café
(*coffea arabica* L.) en Contramaestre, Santiago de Cuba**

**Relation between the fertility of substrates and the growth of postures of
coffee (*coffea arabica* L.) in Contramaestre, Santiago of Cuba**

Autores:

Wilmer Guevara-Frometa, delegado@dlg.minag.go.cu. Delegación Provincial de la Agricultura. Santiago de Cuba, Cuba.

Gualvis Machado-Carcasés, gualvis@uo.edu.cu. Universidad de Oriente, Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, Departamento de Agronomía. Santiago de Cuba, Cuba.

Carlos Antonio Bustamante-González, nutricion1@tercerfrente.inaf.co.cu. Instituto de Investigaciones Agroforestales. Santiago de Cuba, Cuba.

RESUMEN

La investigación se realizó en el municipio Contramaestre de Santiago de Cuba con el objetivo de evaluar indicadores de fertilidad de sustratos orgánicos (estiércol vacuno, cachaza, pulpa de café y gallinaza) y su relación con variables de crecimiento de posturas injertadas de café. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado. En 180 plantas se evaluó la altura de las plantas, el diámetro de tallo, el área foliar, la masa seca de la parte radical, aérea y total y el índice de calidad de las posturas. Los sustratos con estiércol y la pulpa de café mostraron valores de materia orgánica similares y superiores a los de la cachaza y gallinaza. Todas las fuentes de abonos orgánicos propiciaron valores muy altos de fósforo y potasio. Altos valores de pH KCl disminuyeron significativamente la masa seca del tallo y el índice de calidad de las posturas.

Palabras clave: abonos orgánicos, café, fertilidad, suelo, vivero.

ABSTRACT

The research was carried out in the Contramaestre municipality of Santiago de Cuba with the objective of evaluating fertility indicators of organic substrates (bovine manure, sugar cane sludge, coffee pulp and chicken manure) and their relationship with growth variables of grafted coffee seedlings. A completely randomized design was used. In 180 plants, the height of the plants, the diameter of the stem, the foliar area, the dry mass of the root, aerial and total part and the quality index of the seedlings were evaluated. The substrates with bovine manure and coffee pulp showed organic matter values similar and higher than those of sugar cane sludge and chicken manure. All sources of organic fertilizers produced very high phosphorus and potassium values. High values of pH KCl significantly decreased the dry mass of the stem and the quality index of the seedlings.

Keywords: organic fertilizers, coffee, fertility, soil, nursery.

INTRODUCCIÓN

Cuba necesita que los productores realicen una agricultura rentable y competitiva, mediante la aplicación de los conceptos actuales de agricultura agroecológica y como parte de ella el uso de los abonos orgánicos (Bustamante y Nápoles, 2001). En el cultivo del café es de vital importancia lograr posturas de calidad desde la etapa inicial en vivero, de manera que soporten las condiciones adversas al ser llevadas a campo definitivo. El Ministerio de la Agricultura de Cuba señala que la calidad de las plántulas ejerce influencia por mucho tiempo en la plantación debido a que las deficiencias son detectadas luego de dos o tres años, cuando la plantación empieza a producir (Cuba. Ministerio de la Agricultura (Minag), 2013).

Para lograr un manejo correcto de las plantas a nivel de vivero es necesario utilizar sustratos que proporcionen buena humedad, oxígeno, pH apropiado y otros aspectos físicos, químicos y biológicos (Boudet *et al.*, 2015). También es necesaria una adecuada nutrición, esto depende de la dosis correcta y la fuente de cada elemento nutricional (Khalajabadi y Zapata, 2014).

Si es necesario, se debe recurrir a fuentes externas orgánicas que puedan nutrir de forma óptima a las plántulas. En este sentido existen referencias sobre el uso de abonos orgánicos en café en reportes de Ávila-Reyes *et al.* (2007) y Melo *et al.*, De acuerdo con Sadeghian (2010), mediante el uso de abonos orgánicos es posible obtener resultados similares o mejores que con los fertilizantes químicos, siempre y cuando las cantidades que se apliquen sean las adecuadas.

En la mayoría de los viveros donde se utiliza el suelo para la producción de plantas surgen problemas relacionados con su utilización excesiva y por el bajo contenido nutricional que presenta, por lo que los productores deben utilizar fertilizantes químicos, que generan costos adicionales para la producción. Esto ha motivado la búsqueda de materiales locales como alternativa para conformar sustratos que reúnan las condiciones adecuadas.

Valenzuela (2015) sugiere la necesidad de hacer análisis de laboratorio de los sustratos previo a su uso y establecer un diagnóstico y recomendaciones técnicas

sobre la base de criterios racionales. Estas herramientas permitirán a los productores tener previsión en el manejo de los sistemas productivos de plantas. En el municipio Contramaestre, perteneciente a la provincia de Santiago de Cuba, existen diversas fuentes de abonos orgánicos que pueden ser utilizados en condiciones de viveros, con vistas a obtener posturas de café de mayor calidad para la plantación; sin embargo, se requiere de la realización de investigaciones en este sentido.

El estudio tuvo como objetivo evaluar indicadores de fertilidad de sustratos orgánicos (estiércol vacuno, cachaza, pulpa de café y gallinaza) y su relación con variables de crecimiento de posturas injertadas de café durante la etapa de vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció desde el mes de marzo de 2019 hasta enero de 2020 en el vivero del Centro de Producción de Injertos, perteneciente a la Empresa Procesadora de café Rolando Ayud del municipio Contramaestre en la provincia de Santiago de Cuba.

El diseño experimental utilizado fue el completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos (sustratos) y tres repeticiones distribuidos en doce unidades experimentales. En cada unidad experimental fueron evaluadas 15 plantas injertadas de café, establecidas en bolsas de polietileno, para un total de 180 plantas. Los sustratos fueron la mezcla de fuentes de abonos orgánicos disponibles en la localidad (estiércol vacuno, cachaza, pulpa de café y gallinaza) con suelo en la proporción 3/1 (v/v), más 4 g de superfosfato por bolso (normas técnicas).

El trabajo de campo consistió, primeramente, en la selección y el traslado de las fuentes de abonos orgánicos con las condiciones adecuadas para el estudio hasta la unidad experimental. Con antelación al inicio del experimento se les realizó la prueba de nematodos al abono orgánico y al suelo en la Estación Experimental de Tercer Frente, todas resultaron negativas. Posteriormente, el suelo se tamizó y se mezcló con los abonos orgánicos bien descompuestos y libres de impurezas.

Todas las fuentes de abonos fueron seleccionadas en el municipio de Contramaestre, donde se realizó la investigación. El estiércol vacuno, procedente de un módulo pecuario; la cachaza, del Complejo Agroindustrial Azucarero América Libre; la gallinaza, de la granja de gallinas ponedoras y la pulpa de café, de la Empresa Procesadora de Café Rolando Ayud.

A cada sustrato se le realizó el estudio agroquímico en el laboratorio de análisis químico de suelo, agua y tejido vegetal de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Oriente Sur de Santiago de Cuba. Para esto se tomaron 3 muestras compuestas de 1 kg y se secaron al aire. Se determinaron el pH (H₂O) y KCl, fósforo y potasio disponible por Oniani y cationes intercambiables con acetato de amonio 1 N pH 7.

Se utilizaron bolsas de polietileno con dimensiones de 29 cm x 19 cm con un volumen de 2,5 L., y con cuatro orificios cerca del fondo para facilitar el drenaje. Después de acanteradas, se les aplicaron riegos de asentamiento. Antes de la colocación de las bolsas en el cantero, se estableció el cordón fitosanitario alrededor del experimento para evitar la entrada de las babosas. Se creó un cordón de 20 cm de ancho y 10 cm de profundidad con aserrín y cascarilla de café. Se aplicó, además, Babatox en dosis de 20 kg/ha⁻¹.

Antes de efectuar el trasplante de los injertos de café, se aplicó un riego ligero a las bolsas, con el fin de que las mezclas tuviesen la humedad requerida para recibir las plántulas. En cada bolsa se sembraron los injertos de la variedad caturra rojo. También se realizaron limpiezas manuales para eliminar las malezas y escarificaciones para facilitar la aireación en el interior de las bolsas.

Se evaluaron la altura de las plantas (cm), el diámetro de tallo (mm), los pares de hojas (unidades), el área foliar por el método de Soto (1980) mediante la fórmula $AF = (L \times A) \times 0,64$. La biomasa se obtuvo mediante el peso de los componentes fisiológicos de las plantas (parte aérea y parte radical) en una balanza analítica después de haberse secado en una estufa Mermert de aire forzado a 75 - 80°C hasta peso constante (Roberts *et al.* 1988); la masa seca total (g), por la suma de

la masa seca de la raíz, tallos y las hojas. Además, del Índice de calidad de las posturas por el método de Dickson et al. (1960).

Los datos obtenidos en el experimento fueron procesados mediante el paquete profesional *Statistica* versión 10 para *Windows*. Para el procesamiento estadístico se comprobó la normalidad de los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de la varianza por la prueba de Levene. Posteriormente, se realizaron correlaciones y el análisis de varianza a los datos. Para la determinación de las diferencias entre los tratamientos se utilizó la prueba de comparación de rangos múltiples de Duncan para $p \leq 0,05$.

Los datos de crecimiento de las posturas se correlacionaron con los indicadores de fertilidad evaluados y se seleccionaron los modelos de acuerdo con el coeficiente de determinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis agroquímico de los sustratos orgánicos locales

El procesamiento estadístico realizado a los resultados de los análisis de los sustratos mostró un comportamiento diferenciado en los diferentes componentes de la fertilidad (Tabla 1). Todos los sustratos presentaron pH H₂O superior a 7; es decir, no cumplieron los requerimientos de las instrucciones técnicas para el cultivo, toda vez que el cafeto es una planta que exige suelos ligeramente ácidos. El sustrato con gallinaza presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con el resto de las fuentes para el pH KCl, mientras que para el pH H₂O los valores resultaron similares estadísticamente con la cachaza y superiores al resto de las fuentes estudiadas.

Tabla 1. Fertilidad de los sustratos									
Fuente	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH	pH	MO	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺
	mg 100 g ⁻¹ suelo		KCl	H ₂ O	%	cmol kg ⁺¹			
Cachaza	131,12 b	42,10 d	6,56 b	7,45 a	1,98 b	31,29 b	6,79	2,09 a	1,73 c
Estiércol	52,85 c	97,53 a	6,49 c	7,26 b	2,96 a	31,28 b	7,13	1,71 b	3,87 a
Gallinaza	199,34 a	67,15 b	6,63 a	7,43 a	2,22 b	31,23 b	6,74	1,76 b	3,01 b
Pulpa de café	23,51 d	59,08 c	6,32 d	7,17 b	2,79 a	32,76 a	6,40	1,87 b	3,02 b
E.E., x	3,67*	1,92*	0,02*	0,03*	0,14*	0,34*	0,29 ns	0,06*	0,07*

*Medias con letras diferentes difieren para $p \leq 0.05$ según dócima de Duncan.

Fuente: autores

Todas las fuentes de abono orgánico propiciaron valores muy altos de fósforo y potasio de acuerdo con el Sistema Agroquímico de Cuba.

Para el fósforo los mayores valores se encontraron en los materiales exógenos del agroecosistema cafetalero; de esta manera el mayor contenido se observó en la gallinaza, seguido de la cachaza y el estiércol. La pulpa de café mostró los valores más bajos, lo que puede ser provocado por la extracción que de este elemento realiza el cafeto durante su crecimiento y desarrollo vegetativo.

Al no disponer del análisis de las diferentes fuentes de abono orgánico se tomó como referencia los datos de Braham y Bressani (1978), quienes informan que la composición química de la pulpa de café es de 1,94 % de N, 0,28 % de P y 3,61 % de K. Los resultados obtenidos con el estiércol son diferentes al alcanzar valores de 0,5 % de N; 0,25 % de P y 0,5 % de K; al igual que la gallinaza, que alcanzó valores de 1,6 %; 1,5 % y 0,8 % respectivamente.

Al evaluar el estiércol vacuno se alcanzaron los contenidos más altos de potasio disponible, superiores al resto de las fuentes analizadas. La pulpa de café, a pesar de ser un material con alto contenido de potasio, no alcanzó valores elevados de este elemento, posiblemente por una inadecuada conservación en el momento de la descomposición, pues es conocido que entre los tres macronutrientes esenciales el potasio se caracteriza por su mayor movilidad.

Los materiales exógenos al agroecosistema cafetalero no mostraron diferencias significativas entre ellos para los contenidos de calcio y magnesio, todas resultaron inferiores a los valores mostrados al utilizar la pulpa de café.

La relación Ca/Mg en estos sustratos osciló entre 3,89 y 4,99. Se considera que la relación óptima para el cafeto debe estar entre 2 y 4 (Mehlich, 1968; citado por Carvajal, 1984) y valores mayores que 4 indican déficit de magnesio. La demanda de Ca y Mg no es tan alta en comparación con aquella de N y K (Ramírez *et al.*, 2002, Laviola *et al.*, 2007 y Sadeghian *et al.*, 2013). Estas bases intercambiables, no obstante, son fundamentales para el desarrollo adecuado del cafeto y el desempeño esperado del cultivo (Hepler, 2005, Wang *et al.*, 2015 y Kadri *et al.*, 2016).

Relación de indicadores agroquímicos de los sustratos con variables de crecimiento

La tabla 2 muestra la correlación entre las variables de crecimiento y desarrollo de los injertos en etapa de vivero y los indicadores físico-químicos de los diferentes sustratos utilizados en el estudio. Los números resaltados en rojo reflejan la existencia de coeficientes de correlación significativos (para $p < 0,05$) entre ambas variables e indicadores, en algunos casos son valores negativos y en otros positivos, lo que indica que los componentes químicos de los sustratos logran efectos diferentes en el crecimiento de las posturas injertadas de café en la etapa de vivero.

Tabla 2. Matriz de correlación entre las propiedades físico-químicas de los sustratos y los indicadores de crecimiento									
Variable	Correlations (Spreadsheet 19) Marked correlations are significant at $p < 0,05000$ N=20 (Casewise deletion of missing data)								
	msh	mst	msraiz	msttotal	ic	altura	diámetro tallo	pares hojas	AF
P ₂ O ₅	0,9866	0,0375	-0,0260	0,2466	0,1030	0,9509	0,10391	0,6190	0,9994
K ₂ O	0,9812	0,0125	-0,0407	0,2855	0,0723	0,9674	0,14376	0,6655	0,9958
pH	0,3325	0,5453	-0,4352	0,5357	-0,5841	0,6474	0,46669	0,9107	0,3785
pHH ₂ O	0,4067	0,4348	-0,3273	0,6155	-0,4727	0,7159	0,54450	0,9512	0,4565
MO	0,1204	0,5527	-0,3756	0,4841	-0,6115	0,2468	0,43131	0,6744	-0,0552
Ca	0,9496	0,0420	-0,0695	0,3756	0,0037	0,9900	0,23920	0,7630	0,9708
Mg	0,3364	0,4925	-0,3653	0,6036	-0,5309	0,6694	0,52159	0,9407	0,3941
Na	0,3087	0,1570	0,3128	0,7884	0,0450	0,0109	0,87234	0,4604	-0,2473
K	0,0329	0,7092	-0,5685	0,3680	-0,7529	0,3672	0,29793	0,7238	0,0812

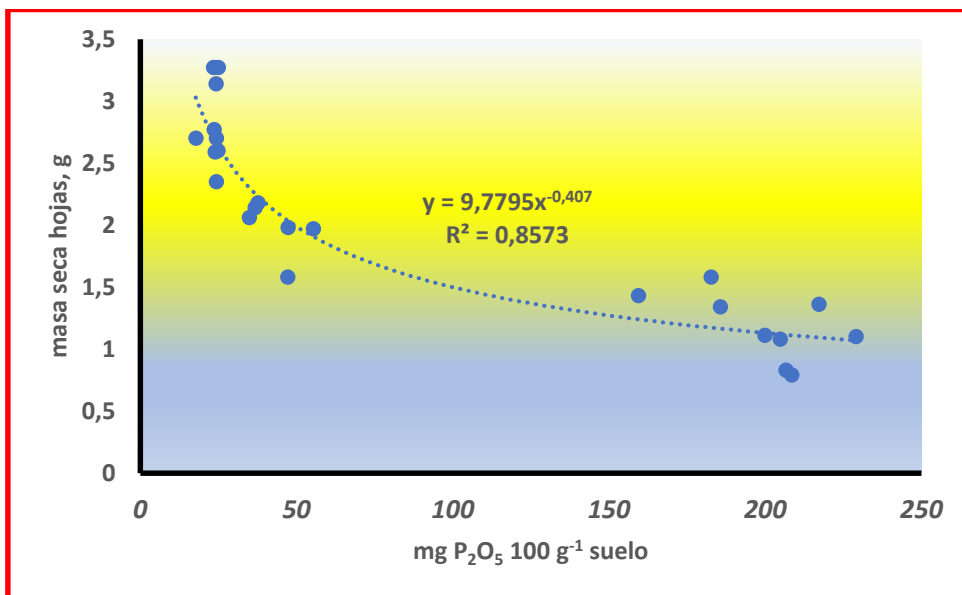
Simbología: msh (masa seca de las hojas), msraiz (masa seca de la raíz), msttotal (masa seca total), ic (índice de calidad de las posturas), AF (área foliar).

Fuente: autores

A partir de esos valores se realizaron análisis de regresión entre las diferentes combinaciones, que profundizan en el efecto de los indicadores físico-químicos sobre variables de crecimiento de las posturas durante la etapa de vivero.

Como es conocido el fósforo es un elemento esencial en esta fase inicial del cultivo. Al efectuar el análisis de regresión de los contenidos del mismo con la masa seca de las hojas los datos mostraron el mejor ajuste al modelo exponencial $y = 9,779x^{0,40}$, con un coeficiente de determinación de $R^2=0,857$ (Figura 1). Se destaca que contenidos menores a 50 mg de P₂O₅ 100 g⁻¹ de suelo son suficientes para garantizar el adecuado crecimiento y desarrollo de las hojas del cafeto.

Figura 1. Dependencia de la masa seca de las hojas de posturas de cafeto y los contenidos de fósforo en el sustrato

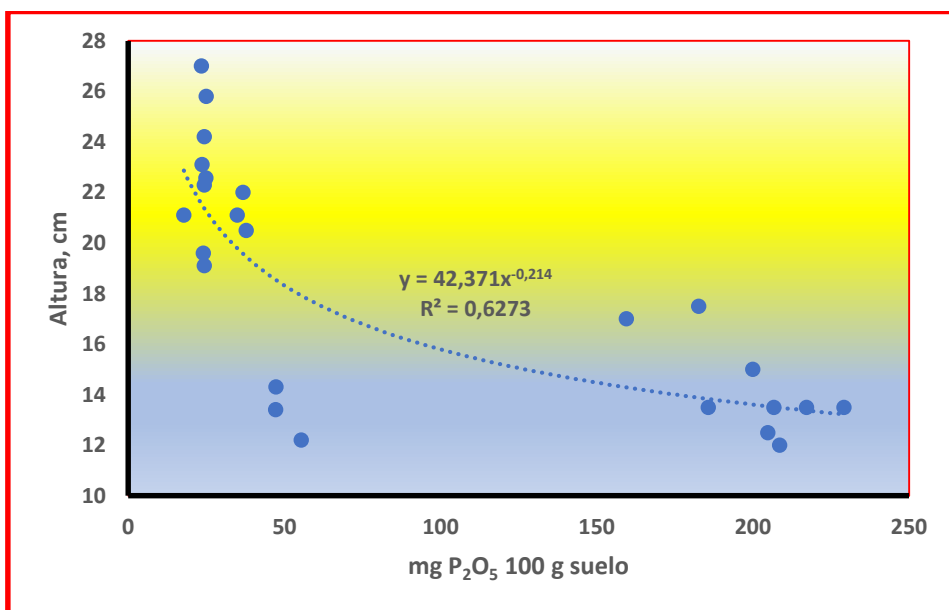


Fuente: autores

Estos valores del nutriente son considerados altos por el Sistema Agroquímico Nacional. Desde el punto de vista práctico implica la necesidad de manejar adecuadamente la fertilización fosfórica de los sustratos y no aplicar dosis excesivas de este, lo que se puede lograr con el análisis del suelo antes del llenado de los bolsos.

Al relacionar los contenidos de fósforo con la altura de los injertos (Figura 2), también se obtiene un ajuste aceptable con el modelo exponencial ($y=42,37x^{-0,21}$) y coeficiente de determinación $R^2=0,627$. Se observó que con cantidades de fósforo disponibles inferiores a 25 mg P₂O₅ aproximadamente, se alcanzan los mayores valores de altura en la postura de café.

Figura 2. Dependencia de la altura de posturas de cafeto y los contenidos de fósforo en el sustrato



Fuente: autores

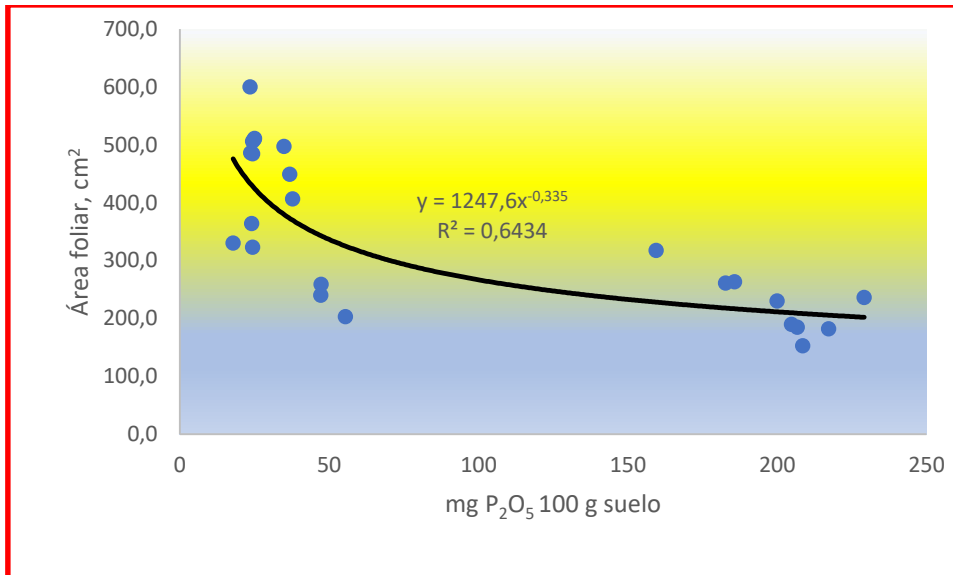
Un comportamiento similar se obtiene al relacionar los contenidos de fósforo con el área foliar de las plántulas de café en la etapa de vivero (Figura 3). Con el modelo exponencial $y=1247x^{-0,33}$ se alcanzó el mejor ajuste con un coeficiente de determinación $R^2=0,643$. Se observa como con cantidades de fósforo disponibles inferiores a 25 mg P₂O₅ aproximadamente se garantizaron, en las condiciones experimentales, valores de área foliar que oscilaron entre 300 y 600 cm², que resultaron los mayores en el experimento.

Estos resultados podrían modificar los criterios del manejo de la fertilización fosfórica en los suelos pardos de Cuba utilizados para el llenado de los bolsos, ya que se podría calcular una dosis de fertilizante que propicie valores de fósforo disponibles inferiores a 50 mg de P₂O₅. Se debe añadir, además, que la tecnología actual de producción de posturas incluye la micorrización de las semillas, acción que contribuiría a disminuir la dosis de fertilizante fosfórico.

También resultó importante para las condiciones del estudio en el municipio de Contramaestre analizar la relación del comportamiento del crecimiento de los

cafetos con los resultados de pH, toda vez que las fuentes de abono orgánico mostraron valores alrededor de 7.

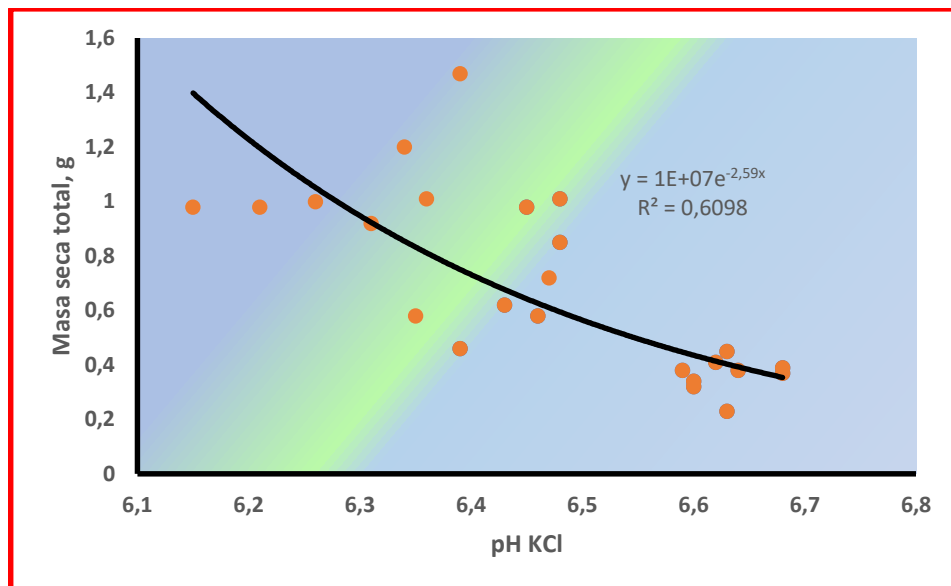
Figura 3. Dependencia del área foliar de posturas de cafeto y los contenidos de fósforo en el sustrato



Fuente: autores

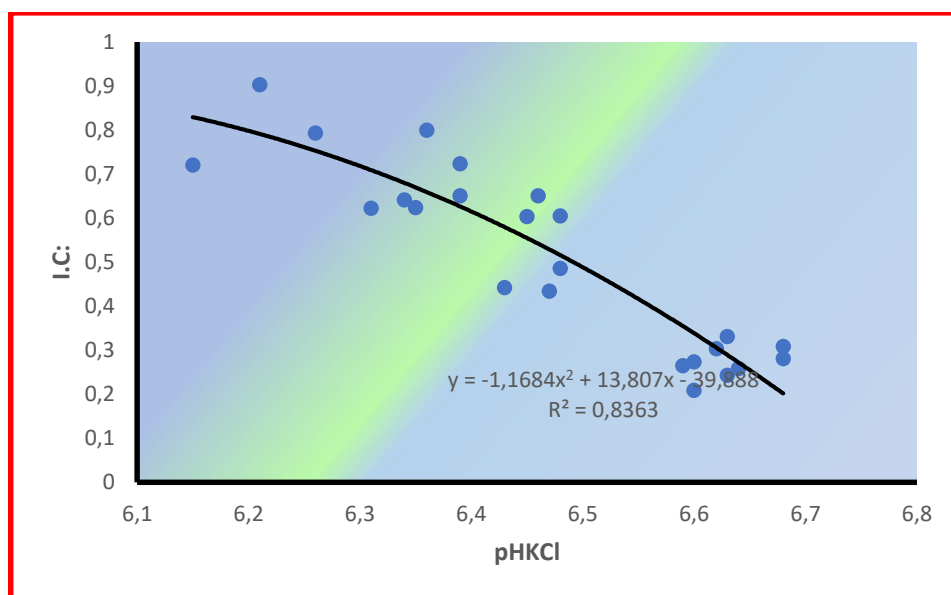
La correlación con el pH en agua no mostró un comportamiento estable, mientras que con el pH KCl reflejó que los datos mostraron un mejor ajuste al modelo potencial $y = 1E+07e^{-2,59x}$, con coeficiente de determinación $R^2=0,609$ y, como refleja la figura 4, a medida que la acidez se fue acercando a la neutralidad era menor la masa seca de los injertos de cafetos.

Figura 4. Dependencia de la masa seca de posturas de cafeto de la acidez del sustrato



Fuente: autores

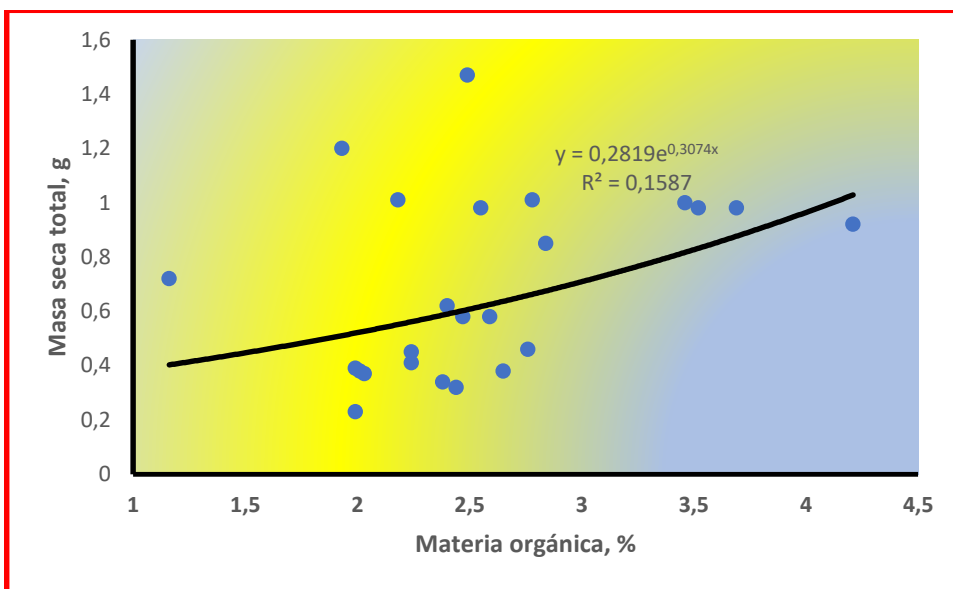
Figura 5. Relación entre el índice de calidad de las posturas de cafeto y la acidez del sustrato



Fuente: autores

El índice de calidad de las posturas de cafeto mostró el mejor ajuste a la función cuadrática $y = -1,168x^2 + 13,80x - 39,88$, con coeficiente de determinación $R^2 = 0,836$. Como se puede observar hay un descenso de este indicador con el incremento del pH (Figura 5).

Figura 6. Dependencia de la masa seca de posturas de cafeto del contenido de materia orgánica del sustrato



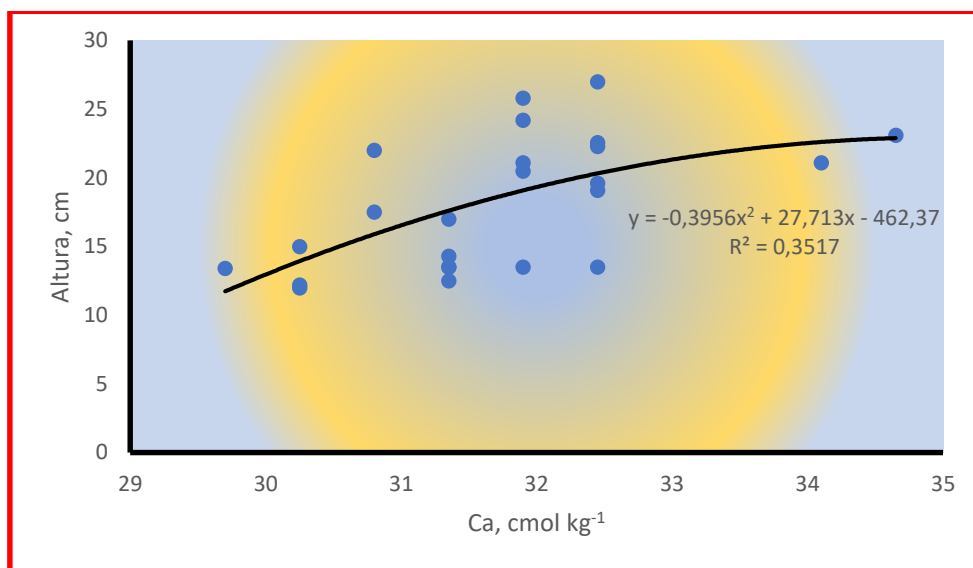
Fuente: autores

El ajuste de los datos del contenido de materia orgánica con la masa seca de las posturas reafirmó su importancia en el desarrollo de las plantas y se observó un incremento creciente de ese indicador al aumentar el contenido de materia orgánica en el suelo (Figura 6). El modelo $y = 0,281e^{0,307x}$ explica el comportamiento, aunque el coeficiente de determinación $R^2 = 0,158$ muestra un valor muy bajo.

En la figura 7 se muestran los resultados encontrados con el ajuste de los datos de la relación contenido de calcio y la altura de las plantas, con el modelo $y = -0,395x^2 + 27,71x - 462,3$ y $R^2 = 0,351$. Se debe recordar que en este suelo no existieron diferencias significativas en el contenido de calcio al utilizar las diferentes fuentes de abonos orgánicos para la conformación de los sustratos, además del hecho de que este catión es el predominante en el complejo coloidal de este tipo de suelo. El

ajuste de los datos muestra que la mayoría de los valores de altura se situaron en el rango entre 3 y 33 cmol de Ca por kg⁻¹ de suelo, que son los valores habituales en este tipo de suelo.

Figura 7. Dependencia de la altura de posturas de cafeto del contenido de calcio del sustrato



Fuente: autores

CONCLUSIONES

Al evaluar indicadores de fertilidad de sustratos y su relación con variables de crecimiento de posturas injertadas de café durante la etapa de vivero se concluye que los sustratos con estiércol y la pulpa de café mostraron valores de materia orgánica similares estadísticamente y superiores a los de la cachaza y gallinaza; asimismo, todas las fuentes de abono orgánico utilizadas propiciaron valores muy altos de fósforo y potasio. Los mayores valores se encontraron en la gallinaza, seguido de la cachaza y el estiércol.

Los sustratos con contenidos de fósforo entre 20 y a 50 mg de P₂O₅ 100 g⁻¹ de suelo fueron suficientes para garantizar el adecuado crecimiento y desarrollo de las hojas del cafeto y altos valores de pH KCl disminuyeron significativamente la masa seca del tallo y el índice de calidad de las posturas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila-Reyes, W.E., Sadeghian-Khalajabadi, S., Sánchez-Arciniegas, P.M., Castro-Franco, H.E. (2007). Producción de almácigos de café en el departamento de Santander con diferentes fuentes de materia orgánica y de fósforo. *Cenicafe*, 356. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/347/1/avt0356.pdf>
- Boudet, A., Chinchilla, E., Boicet, T. y González, G. (2015). Efectos de diferentes dosis de abono orgánico tipo bocashi en indicadores morfológicos y productivos del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) Var. California Wonder. *Centro Agrícola*, 42(4), 5-9. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V42-Numero_4/cag01415.pdf
- Braham, B. y Bressani, R. (1978). *Pulpa de café, composición, tecnología y utilización*. Guatemala: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/4722/IDL-4722.pdf?sequence=1>
- Bustamante, C., Nápoles, S. (2001). Influencia de fuentes y proporciones de bonos orgánicos con fertilizantes y sin él en el crecimiento de posturas de *Coffea arabica* L. *Café y cacao*, 2(2), 52-56. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IisScript=orton.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=049018>
- Carvajal, J.F. (1984). *Cafeto. Cultivo y fertilización* (2da ed.) Berna: Instituto Internacional de la Potasa. <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/65-carvajal-cafeto-cultivo-y-fertilizacion.pdf>
- Dickson, A., Leaf, L. & Hosner, F. (1960). Quality Appraisal of White Spruce and White Pine Seedling Stock in Nurseries. *Forest Chronicle*, 36, 10-13.
- Hepler, P. (2005). Calcium: a central regulator of plant growth and development. *The Plant Cell*, 17(8), 2142–2155. doi: 10.1105/tpc.105.032508
- Kadri, M., Zaluski, R., Lima, P., Mazzafera, P. & Orsi, D. (2016). Characterization of *Coffea arabica* monofloral honey from Espirito Santo, Brazil. *Food Chemistry*, 203, 252-257. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.074>
- Khalajabadi, S. y Zapata, R. (2014). Crecimiento de café (*Coffea arábica* L.) durante la etapa de almácigo en respuesta a la salinidad generada por fertilizantes. *Revista de Ciencias*

Agrícolas, 31(2), 40-50.
<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/download/2107/2485>

Laviola, G., Martínez, H., de Souza, R. & Álvarez, H. (2007). Dynamics of calcium and magnesium in leaves and fruits of Arabic coffee. *Revista Brasileira De Ciencia Do Solo*, 31, 319-329.

<https://www.scielo.br/rbcs/a/HXYDfwLLQG5pSc8fcXkKWrd/?format=pdf&lang=pt>

Cuba. Ministerio de la Agricultura (Minag) (2013). *Instructivo técnico, Café arábico*. La Habana: Ministerio de la Agricultura de Cuba.

Melo, B., Mendes, A. y Guimarães, P. (2003). Substratos, fontes e doses de P_2O_5 na produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arábica* L.) em tubetes. *Biosci. J.*, 19(2), 35-44.
<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/download/6450/4184/>

Ramirez, F., Boniche, J., Bertsch, F. y Mora, L. (2002). Consumo de nutrimentos por los frutos y bandolas de café caturra durante un ciclo de desarrollo y maduración en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 26(1), 33-42.
http://www.mag.go.cr/rev_agr/v26n01_033.pdf

Roberts, J., Long, P., Tieszen, L. y Beadle, L. (1988). Medición de la biomasa vegetal y de la producción primaria neta. En J. Coombs, D.O Hall, S.P Long, J.M. Scurloch (eds.) *Técnicas de Fotosíntesis y Productividad*. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Estado de México. p. 1-16.

Sadeghian Khalajabadi, S. (2010). *La materia orgánica: Componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros*. Chinchiná, Caldas, Colombia: Cenicafé.
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1113/3/libroMO.pdf>

Sadeghian Khalajabadi, S.; Mejía, B. y González, H. (2013). Acumulación de calcio magnesio y azufre en los frutos de café. *Cenicafe*, 64(1), 7-18.
<https://biblioteca.cenicafe.org/jspui/bitstream/10778/408/1/avt0430.pdf>

Soto, F. (1980). Estimación del área foliar en *C. arábica* L. a partir de las medidas lineales de la hoja. *Cultivos Tropicales*, 2(3), 115-128.

Valenzuela, O.R. (14 al 16 de mayo 2015). Tecnología de sustratos: Propiedades de los diferentes componentes. En *1° Simposio Regional de Viveros Cítricos Bajo Cubierta*.

Concordia, Entre Ríos. Argentina. https://1simposio.aianer.com.ar/descarga.php?id=jt-5_08-05-15Tecnologia_de_sustratos.pdf

Wang, N., Jassogne, L., van Asten, P., Mukasa, D., Wanyama, I., Kagezi, G. & Giller, K. (2015). Evaluating coffee yield gaps and important biotic, abiotic, and management factors limiting coffee production in Uganda. *European Journal of Agronomy*, 63,1-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2014.11.003>

Recibido: 4 de mayo de 2020

Aprobado: 21 de septiembre de 2020