









Perfeccionamiento de la tecnología de producción de posturas café en tubetes

Improvement of the technology for production of coffee seedlings in tubes

Ciro Sánchez Esmoris^{1*}, Enrique Cisneros Zayas², Carlos Bustamantes González³,
Merardo Ferrer Vivas¹, Yusdel Ferrás Negrín¹, Amaray Ortiz Albolaez¹,
Nosleiby Ortiz Gómez¹, Felicita González Robaina² y Noel Bermúdez Ramírez¹

¹Unidad Científico Tecnológica de Base Estación Experimental Agro-Forestal "Jibacoa",
CP 54590, Manicaragua, Villa Clara, Cuba. E-mail: cesmoris2121@gmail.com

²Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba. enrique.cisneros@iagric.minag.gob.cu

³Unidad Científico Tecnológica de Base Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente,
Santiago de Cuba, Cuba. E-mail: direccion@tercerfrente.inaf.co.cu

*Autor para correspondencia: Ciro Sánchez Esmoris, e-mail: cesmoris2121@gmail.com

RESUMEN: La producción de posturas de cafetos en tubetes ha revolucionado la caficultura mundial al incrementar la eficiencia productiva. Su adaptación a condiciones locales, como en Cuba, requiere analizar variables técnicas y de manejo. Para ello, se diseñaron experimentos en viveros de las Estaciones Experimentales Agroforestales de "Jibacoa" y "Tercer Frente" con el objetivo de evaluar el efecto de la capacidad de tubetes, proporciones de sustratos, dosis de fertilizante de liberación controlada (FLC) y regímenes de riego en el desarrollo morfológico de las posturas. Los resultados mostraron que los tubetes de 180 cm³ y 220 cm³, combinados con sustratos de 50% cascarilla de arroz carbonizada (CAC) + 50% suelo o 50% fibra de coco (FC) + 50% suelo, y 2 g de FLC, generaron los mayores valores en altura, diámetro del tallo, área foliar y número de hojas, sin diferencias significativas frente a dosis de 3 g de FLC. Adicionalmente, el manejo del riego en el sustrato de CAC bajo un 85% de humedad mostró el mejor crecimiento (mayor masa seca, área foliar y altura), seguido por la FC. Las normas de riego variaron según el sustrato, siendo mayores en CAC. La utilización de tubete de capacidad media (180 cm³), sustratos orgánicos (CAC o FC), dosis moderadas de FLC (2 g) y riego adaptativo al 85% de humedad, con ajustes del contenido de agua según el sustrato y por fase fenológica de desarrollo, optimiza la producción de posturas en viveros tecnificados, asegurando plantas vigorosas y la eficiencia en el uso de recursos.

Palabras clave: cascarilla de arroz, fibra de coco, morfología vegetal, fertilizantes de liberación controlada, régimen de riego.

ABSTRACT: The production of coffee seedlings in tubes has revolutionized global coffee growing by increasing production efficiency. Adapting these seedlings to local conditions, such as those in Cuba, requires analyzing technical and management variables. For this reason, experiments were designed in nurseries at the "Jibacoa" and "Tercer Frente" Agroforestry Experimental Stations to evaluate the effect of tube capacity, substrate proportions, controlled release fertilizer (CRF) doses, and irrigation management on the morphological development of seedlings. The results showed that 180 cm³ and 220 cm³ tubes, combined with substrates consisting of 50% carbonized rice husk (CRH) + 50% soil or 50% coconut fiber (CF) + 50% soil, and 2 g of CRF, produced the highest values in height, stem diameter, leaf area, and number of leaves, with no significant differences compared to doses of 3 g of CRF. Additionally, irrigation management in the SCC substrate at 85% moisture content showed the best growth (greatest dry matter, leaf area, and height), followed by FC. Irrigation rates varied according to the substrate, being higher in SCC. The use of medium- tube (180 cm³), organic substrates (SCC or FC), moderate doses of FLC (2 g), and adaptive irrigation at 85% moisture content, with water content adjustments based on the substrate and phenological development phase, optimizes seedling production in high-tech nurseries, ensuring vigorous plants and efficient use of resources.

Keywords: Rice Husk, Coconut Fiber, Plant Morphology, Controlled Release Fertilizers, Irrigation Management.

Recibido: 25/06/2025

Aceptado: 20/10/2025

Conflicto de intereses: Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Author contributions: **Conceptualization:** C. Sánchez. **Data curation:** C. Sánchez, E. Cisneros. **Formal analysis:** C. Sánchez. **Investigation:** C. Sánchez, E. Cisneros, C. Bustamantes, M. Ferrer, Y. Ferrás, A. Ortiz, N. Ortiz, F. González. **Methodology:** C. Sánchez. **Supervision:** C. Sánchez, E. Cisneros, Bustamantes, M. Ferrer, Y. Ferrás. **Validation:** C. Sánchez, A. Ortiz, N. Ortiz, F. González. **Writing, original draft:** C. Sánchez, E. Cisneros, F. González. **Writing, review & editing:** C. Sánchez, E. Cisneros, F. González.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.



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

La premisa fundamental para establecer plantaciones de cafeto altamente productivas es la obtención de posturas sanas y vigorosas. Para lograrlo, es necesario utilizar semillas con alta pureza varietal que expresen su máximo potencial productivo en cada sitio. Además, se debe garantizar un adecuado balance nutrimental en el sustrato, lo que implica seleccionar suelos de buena calidad y con altos contenidos de materia orgánica (Sánchez et al., 2006).

La producción de posturas de café se realiza principalmente en bolsas de polietileno negro, cuyas dimensiones varían según el tiempo que las plantas permanecerán en el vivero (Cordón, 2019; Sánchez et al., 2009). No obstante, en los últimos años, varios países productores de café, como Brasil, Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica, han incrementado el uso de tubetes plásticos. Este método ha demostrado ser eficaz para obtener posturas de óptima calidad, mejorar la eficiencia de la mano de obra en actividades como el llenado, riego y trasplante, y reducir el uso de insumos y los costos de transporte del vivero a la finca (Cabana, 2013; Sánchez et al., 2018). Además, la inversión en tubetes se justifica por su reutilización, a diferencia de las bolsas tradicionales, que generalmente se emplean una sola vez (Blandón, 2008).

En los viveros, la producción de posturas requiere el uso de abono orgánico para formar el sustrato. En Cuba, Díaz et al. (2013) señalaron que, independientemente del contenido de materia orgánica del suelo, se debe aplicar abono orgánico como pulpa de café, cáscara de cacao, guano de murciélago (cumpliendo las medidas sanitarias establecidas), estiércol, gallinaza, cachaza o compost. Estos materiales deben estar bien descompuestos y someterse a análisis químicos y nematológicos. Además, deben cumplir con requisitos específicos, como un pH entre 5,5 y 7,0; un contenido de carbonato de calcio inferior al 5% y estar libres de nematodos fitoparásitos.

En los últimos años, la cascarilla de arroz carbonizada (CAC) y la fibra de coco se han convertido en dos de los sustratos más utilizados en la producción de posturas en tubetes. La proporción de estos materiales varía según el cultivo y el tipo de suelo (Terres, Artetxe y Beunza, 1997, citados por Saboya (2011)). Estos sustratos facilitan el desarrollo radical óptimo y presentan una alta capacidad de retención de agua fácilmente disponible para las plantas (Calderón, 2001).

Durante la etapa de vivero, los riegos frecuentes incrementan las pérdidas de nutrientes por lixiviación (Teixeira et al., 2009). Para compensar este déficit, es necesario reponer los nutrientes perdidos (Klooster et al., 2012). Sin embargo, al aplicar fertilizantes convencionales altamente solubles, se debe tener especial cuidado, ya que pueden aumentar la concentración salina del sustrato y causar quemaduras si entran en contacto directo con la planta (Irigoyen, 1997).

Una alternativa eficaz es el uso de fertilizantes de liberación controlada (FLC). Estos abonos granulados están recubiertos con polímeros biodegradables que regulan la

liberación de nutrientes. Según el grosor del recubrimiento, el tipo de polímero, el número y el tamaño de los orificios, la liberación puede durar entre dos y dieciséis meses. La formulación de estos fertilizantes permite una liberación continua de nutrientes, ajustada a las necesidades de las plantas. La entrega de nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos está influenciada por el tipo de polímero utilizado y la temperatura del suelo, donde una mayor temperatura acelera la liberación. El contenido de agua del suelo, su pH y las actividades microbianas no afectan significativamente este proceso (Haifa Group Multicote™ Agri., 2014).

Estudios realizados por Costa et al. (2011) y Mendonça et al. (2008) demostraron que la aplicación de FLC promueve un crecimiento más rápido, mejora el estado nutricional y reduce las actividades operativas en viveros de cítricos, aguacate, guanábana, papaya y tamarindo. En el caso del café, Oliveira et al. (2013) encontraron que el uso de FLC.

incrementó la masa seca y la producción de raíces de todos los diámetros, independientemente de las dosis aplicadas.

La producción de plántulas en tubetes representa una opción viable para establecer plantaciones de café altamente productivas (Irigoyen, 1997; Marana et al., 2008; Oliveira et al., 2013). Sin embargo, Melo (1999) destacó la necesidad de realizar estudios adicionales para determinar el tamaño adecuado del tubete, la composición óptima del sustrato, el tipo de siembra más apropiado, la fertilización y la frecuencia de riego más efectiva para maximizar los resultados en cada sitio.

En Cuba, se han realizado importantes inversiones para implementar esta tecnología de manera intensiva en diferentes macizos montañosos. No obstante, existen opiniones divergentes sobre su uso. Por ello, se diseñaron cuatro grupos de experimentos con el objetivo de evaluar el efecto de la capacidad de tubetes, proporciones de sustratos, dosis de fertilizante de liberación controlada y regímenes de riego en el desarrollo morfológico de las posturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones experimentales generales

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en el trabajo y facilitar la interpretación de los resultados se desarrollaron cinco grupos experimentales. Los mismos se presentan en la *Tabla 1*.

Grupo experimental 1

Efecto de la capacidad de los tubetes y la aplicación de fertilizantes convencionales en el desarrollo de las posturas de café. Generalidades

El suelo se clasifica como Cambisoles Gléyicos según el World Reference Base for Soil Resources (FAO, 2015). Es representativo de las zonas premontañosas de la región central de Cuba, específicamente en el macizo montañoso de Guamuhaya, donde se ubica entre 340 y 400 msnm.

Tabla 1. Resumen de las fases experimentales

Localidad	Grupo experimental	Tratamientos
Estación Experimental Agro-forestal “Jibacoa”, coordenadas: 22° 01'N y 79°58'O 340 msnm, Provincia Villa Clara.	<p>1. Efecto de la capacidad de los tubetes y la aplicación de fertilizantes convencionales en el desarrollo de las posturas de café</p> <p>2. Determinación de la influencia de diferentes proporciones de cascarilla de arroz carbonizada, fibra de coco y dosis de Multicote™ en el desarrollo de posturas de café en tubetes</p>	<p>Combinación de tres tipos de tubetes, tres momentos de fertilización y un testigo de producción. T1: tubetes de 120 cm³ de capacidad; T2: tubetes de 180 cm³ de capacidad; y T3: tubetes de 220 cm³ de capacidad. F1: aplicación del fertilizante mezclado con el sustrato antes del llenado de los tubetes; F2: aplicación del fertilizante mezclado con el sustrato antes del llenado de los tubetes y en el tercer par de hojas; y F3: aplicación del fertilizante mezclado con el sustrato antes del llenado de los tubetes y en el tercer y quinto par de hojas. T4: testigo (recomendaciones normas técnicas).</p> <p>T1: combinación de cinco proporciones de suelo y cascarilla de arroz carbonizada (CAC): 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. T2: cinco dosis de FLC de la fórmula 18-6-12: 0, 1, 2, 3 y 4 gramos, equivalentes a 0; 0,06; 0,12; 0,18; y 0,24g de P₂O₅, respectivamente. T3: testigo (recomendaciones normas técnicas) consistió en la aplicación de dos gramos de superfosfato triple por tubete durante la preparación del sustrato. En las etapas correspondientes al tercer y quinto par de hojas, se aplicó una fórmula líquida 7-14-7 a una concentración del 12%, utilizando 20 ml por planta.</p> <p>T1: Fertilizante: 0, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 gramos, equivalentes a 0,06; 0,12; 0,18; 0,24; 0,30 y 0,36 g de P₂O₅ por tubete, respectivamente. El sustrato utilizado consistió en una mezcla de suelo Pardo sialítico y estiércol vacuno descompuesto en una proporción 1:1 v/v. T2: El fertilizante FLC se incorporó al sustrato durante su preparación, según las dosis establecidas para cada tratamiento. Las dosis aplicadas correspondieron a 0; 5,5; 11; 16,5; 22 y 33 kg por metro cúbico de mezcla.</p> <p>Los tratamientos estudiados consistieron en la aplicación del FLC en tres momentos específicos: T1: al conformar el sustrato, T2: al momento de la siembra de la semilla y T3: cuando las posturas alcanzaron el segundo par de hojas. El fertilizante Multicote™ (18-6-12) se aplicó en una dosis de 2 g por tubete, equivalente a 0,12 g de P₂O₅ por tubete.</p> <p>Se estudiaron dos variantes de sustratos T1: (50% cáscara de arroz carbonizada + 50% suelo + 2g FLC), T2: (50% fibra de coco + 50% suelo + 2g FLC) y T3: sustrato de acuerdo con las normas técnicas (50% de materia orgánica + 50% suelo). Estos sustratos fueron evaluados bajo tres niveles de humedad en el sustrato (85, 70 y 50%) del agua disponible.</p>
Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Unidad de Ciencia y Tecnología de Base “Tercer Frente”. Coordenadas: 20° 9' 15,83" N y -76°16' 16,35" O. Provincia Santiago de Cuba	3. Determinación la influencia de diferentes dosis de FLC en el desarrollo de posturas de café en tubetes empleando como sustrato estiércol vacuno descompuesto en proporción 1:1 v/v.	
Estación Experimental Agro-forestal “Jibacoa”, coordenadas: 22° 01'N y 79°58'O 340 msnm, Provincia Villa Clara.	<p>4. Determinación de la influencia del momento de aplicación de FLC en el desarrollo del café en tubetes.</p> <p>5. Determinación de la norma y régimen de riego en la producción de posturas de café en viveros con tubetes de 180 cm³.</p>	

En esta área, son comunes los viveros o zonas destinadas a la producción de posturas de cafetos (Sánchez et al., 2009). El suelo se clasifica como de fertilidad media, según sus contenidos de cationes intercambiables (Rivera et al., 2003). Estos valores aumentaron tras la mezcla del suelo con el abono orgánico.

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado con un esquema factorial que incluyó 10 tratamientos.

Se realizó un riego ligero para homogenizar y facilitar la absorción del fertilizante, evitando posibles quemaduras en las hojas.

Cuando el 90% de las posturas alcanzaron los siete meses, se evaluaron diversas variables morfológicas, como la altura, el diámetro del tallo, el número de pares de hojas y la masa seca de los órganos y total. La metodología empleada se describe en los aspectos generales o comunes para los cuatro grupos de experimentos. En este grupo de experimentos, se determinó el contenido medio de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en las posturas.

Las plantas se separaron por órganos (hojas, tallos y raíces) y se colocaron en una estufa a 65°C hasta alcanzar una masa seca constante. Se determinó el valor de masa seca para cada órgano (g) y se calculó la masa seca total. Además, se realizó un análisis químico en los diferentes

órganos de la planta para determinar el contenido de N, P y K (%), así como los contenidos medios en las plantas.

Las determinaciones se realizaron mediante los siguientes métodos:

- Nitrógeno (N): Digestión húmeda con H₂SO₄ + Se y determinación colorimétrica con el reactivo de Nessler.
- Fósforo (P): Digestión húmeda con H₂SO₄ + Se y determinación colorimétrica con el método del molibdo vanadato.
- Potasio (K): Digestión húmeda con H₂SO₄ + Se y determinación mediante fotometría de llama.

Grupo experimental 2

Determinación de la influencia de diferentes proporciones de cascarilla de arroz carbonizada, fibra de coco y dosis de fertilizante de liberación controlada (FLC) en el desarrollo de posturas de café en tubetes. Generalidades

El suelo empleado se clasifica como Pardo Gleyzoso.

El diseño experimental empleado fue completamente aleatorizado, con un esquema factorial que incluyó 26 tratamientos. Estos tratamientos resultaron de la combinación de cinco proporciones de suelo (Tabla 2).

Tabla 2. Principales características químicas del suelo utilizado.

Tipo de suelo	pH (KCl)	M.O (%)	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ^{**}	Mg ^{**}
			mg 100 ⁻¹ de suelo		(cmol. kg ⁻¹)	
Pardo Gleyzoso	6,10	3,42	23,44	18,82	9,64	2,38

El experimento con fibra de coco se desarrolló exclusivamente durante la campaña 2017-2018, bajo condiciones similares a las empleadas en el estudio con cascarilla de arroz carbonizada. Este enfoque permitió comparar los resultados obtenidos con ambos materiales en un mismo contexto experimental.

En todos los casos, las posturas se cultivaron en tubetes con una capacidad de 180 cm³. Este método garantizó un control preciso del volumen de sustrato y facilitó el manejo de las plantas durante el experimento.

Grupo experimental 3

Determinación la influencia de diferentes dosis de FLC en el desarrollo de posturas de café en tubetes empleando como sustrato estiércol vacuno descompuesto en proporción 1:1 v/v. Generalidades

El experimento se llevó a cabo durante tres montajes realizados entre diciembre de 2017 y mayo de 2019 en el vivero del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales “Tercer Frente”.

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado para analizar el impacto de siete dosis de fertilizante. El sustrato utilizado consistió en una mezcla de suelo Pardo sialítico [Hernández et al. \(2019\)](#) y estiércol vacuno descompuesto en una proporción 1:1 v/v. Este enfoque permitió evaluar el crecimiento de las posturas bajo condiciones controladas.

Las temperaturas medias registradas durante los periodos experimentales variaron entre 24, 6° C en el primer periodo (diciembre 2017 - abril 2018), 27, 9° C en el segundo (mayo - octubre 2018) y 27, 4° C en el tercero (noviembre 2018 mayo 2019). Estas condiciones climáticas influyeron en el desarrollo de las posturas y en la eficacia de las dosis de fertilizante aplicadas.

Grupo experimental 4

Determinación de la influencia del momento de aplicación de FLC en el desarrollo del café en tubetes. Generalidades

Para una mejor comprensión, los fertilizantes se nombraron Multicote™ I, Multicote™ II y Multicote™ III, según la fecha de desarrollo de cada uno. Los tratamientos estudiados consistieron en la aplicación del fertilizante de liberación controlada (Multicote™) en tres momentos específicos: al conformar el sustrato, al momento de la siembra de la semilla y cuando las posturas alcanzaron el segundo par de hojas. El fertilizante Multicote™ (18-6-12) se aplicó en una dosis de 2 g por tubete, equivalente a 0,12 g de P₂O₅ por tubete.

Aspectos generales

Para caracterizar el estado de la fertilidad química del suelo, al inicio de cada experimento se tomaron muestras compuestas por cinco submuestras, extraídas a una profundidad de 0-20 cm. Una vez realizadas las mezclas de suelo y abono orgánico (sustratos), se procedió a tomar muestras compuestas para el análisis químico. Las determinaciones realizadas incluyeron:

- pH, medido por el método potenciométrico en KCl, con una relación suelo-solución de 1:2,5 [NC ISO 10390 \(1999\)](#).
- Materia orgánica (%), mediante el método de WakleyBlack, mediante colorimetría y oxidación con dicromato de potasio 1N y ácido sulfúrico concentrado [NC ISO 10390 \(1999\)](#).
- P₂O₅ y K₂O, determinados por el método de Oniani. El fósforo se midió por colorimetría y el potasio por fotometría de llama, con extracción en ácido sulfúrico 0,1 N y una relación suelo-solución de 1:2,5 durante 3 minutos [NC 52 \(1999\)](#).
- Ca y Mg, analizados mediante una solución extractiva de NH₄(CH₃COO) 1N a pH = 7, y valorados con EDTA

Evaluación del desarrollo de las posturas

La evaluación del desarrollo y la calidad de las posturas se realizó cuando estas alcanzaron entre el sexto y séptimo par de hojas, aproximadamente a los siete meses, según el experimento. Se determinaron las siguientes variables:

- Altura de la planta: medida con una regla graduada desde el cuello de la planta hasta el ápice (cm).
- Diámetro del tallo: medido con un pie de rey a 1 cm del cuello (cm).
- Número de pares de hojas: contabilizado considerando una hoja completamente formada cuando alcanzó más de 10 cm² de área foliar.
- Área foliar: estimada mediante el método desarrollado por Soto (1980) citado por [Rivera & Soto \(2012\)](#), a partir de las dimensiones lineales de las hojas y la aplicación de la ecuación $AF = LARGO \times ancho \times 0,64 \text{ (cm}^2\text{)}$.
- Masa seca: las plantas se separaron por órganos (hojas, tallos y raíces) y se colocaron en una estufa a 65 °C hasta alcanzar masa seca constante. Se determinó el valor para cada órgano (g) y la masa seca total (sumatoria de la masa seca de la raíz, tallo y hojas).

Descripción de los experimentos

En el primer grupo de experimentos, desarrollado en Jibacoa, se estudiaron tres tipos de tubetes de polipropileno de forma cónica, con capacidades de 120, 180 y 220 cm³, respectivamente. En el resto de los experimentos, realizados en ambas localidades, se emplearon tubetes recomendados para la producción de posturas en Cuba. Estos tubetes eran de polipropileno negro, de forma cónica, con 8 estrías internas, y tenían dimensiones de 5 cm de diámetro interno en la parte superior, 1 cm de diámetro interno en la abertura inferior, 13 cm de altura y 180 cm³ de capacidad (Sánchez et al., 2018).

En todas las campañas se sembró una plántula de *Coffea arabica* L., variedad "Isla 6-14", previamente pregerminada en arena, en cada tubete y en las bolsas que conformaron los tratamientos en estudio. Además, en todos los grupos de experimentos se utilizó una malla de sarán negra como sombra, con un paso de luz del 50%, colocada aproximadamente a dos metros por encima de los tubetes y en el costado del vivero, para evitar la luz solar directa sobre las posturas.

El fertilizante de liberación lenta utilizado fue Multicote™ (18-6-12), con una tasa de liberación total de nutrientes de 60 a 120 días a una temperatura de 30 °C. Cada tratamiento estuvo conformado por una bandeja con 54 tubetes, y se evaluaron 20 plantas de la parte central de cada bandeja, considerando el resto como borde.

Procesamiento estadístico

En Jibacoa, los datos se procesaron mediante un análisis de varianza bifactorial con el programa InfoStat (Balzarini et al., 2008). En Tercer Frente, se empleó el programa Statistica para realizar un análisis de varianza bifactorial en el grupo de experimento número 3, tomando como factores las dosis y los años, mientras que en el cuarto grupo se consideraron los momentos de aplicación del FLC y los años.

Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan, referida por Cochran & Cox (1990), con un criterio de $P \leq 0,05$. En ambas localidades se realizaron análisis de regresión polinómica: en Jibacoa, para determinar el efecto de las dosis crecientes de FLC en cada proporción de suelo-CAC y su efecto en el desarrollo de las posturas, se correlacionó con el área foliar. En Tercer Frente, se correlacionó con el área foliar y la masa seca de las posturas. Estas variables se seleccionaron porque expresan adecuadamente la respuesta de desarrollo integrado de las posturas de café (Rivera et al., 2003).

Los valores máximos se determinaron mediante el cálculo de la primera derivada de las ecuaciones de regresión. En Jibacoa, para evaluar si una postura estaba óptima para ser plantada, se utilizó la metodología descrita por Soto (1980), citada por Rivera & Soto (2012). En Tercer Frente, se calculó el índice de calidad mediante la expresión (1) de Dickson et al. (1960):

ICD

$$= \frac{\text{Peso Seco Total (g)}}{\left[\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro Tallo (mm)}} \right] \left[\frac{\text{Peso Seco (g)}}{\text{Peso Seco Raíz (g)}} \right]} \quad (1)$$

Las actividades agrotécnicas se realizaron según lo recomendado en el Instructivo Técnico Café Arábico (Díaz et al., 2013).

Grupo experimental 5

Determinación de la norma y régimen de riego en la producción de posturas de café en viveros con tubetes de 180 cm³. Generalidades

El experimento se llevó a cabo en el vivero de la Estación Experimental Agroforestal "Jibacoa". El objetivo fue evaluar el efecto del riego en el desarrollo de posturas de café.

Factor A: sustrato

Sustrato T1: 50% cáscara de arroz carbonizada + 50% suelo + 2g FLC (CAC).

Sustrato T2: 50% fibra de coco + 50% suelo + 2g FLC (FC).

Sustrato T3: Según normas técnicas: 50% materia orgánica + 50% suelo (NT).

Factor B: nivel de humedad

Nivel 1: 85% cáscara de arroz + 50% suelo + 2g FLC (CAC).

Nivel 2: 70% fibra de coco + 50% suelo + 2g FLC (FC).

Nivel 3: Según normas técnicas: 50% materia orgánica + 50% suelo (NT).

A los siete meses de iniciado el experimento, se realizaron diversas evaluaciones morfológicas y se determinaron las normas netas totales de riego, así como los volúmenes de agua necesarios para cada variante en estudio.

Para caracterizar el desarrollo de las posturas a los siete meses, se evaluaron las siguientes variables:

Altura de la planta: Se midió con una regla graduada desde el cuello de la planta hasta el ápice (cm). cuello (cm).

- Número de pares de hojas: Se realizó por conteo, considerando una hoja completamente formada cuando alcanzó más de 10 cm² de área foliar.
- Diámetro del tallo: Se midió con un pie de rey a 1 cm del cuello (cm).
- Área foliar: Esta variable se estimó mediante el método propuesto por Soto (1980) citado por Rivera & Soto (2012), a partir de las dimensiones lineales de las hojas y se aplicó la expresión (2):

$$AF = \text{largo} \times \text{ancho} \times 0,64 \text{ (cm}^2\text{)} \quad (2)$$

- Masa seca: Las plantas fueron separadas por órganos (hojas, tallos, raíces) y se colocaron en una estufa a 65°C hasta alcanzar masa seca constante. La masa seca total se determinó sumando la masa seca de las raíces, el tallo y las hojas.

Los datos obtenidos fueron procesados mediante un análisis de varianza (ANOVA) de clasificación doble. Las diferencias entre las medias de los tratamientos se determinaron mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD, con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia de la capacidad de los tubetes y la fertilización en el desarrollo de las posturas de café

Al analizar el efecto de los tratamientos aplicados en el desarrollo de las variables estudiadas durante las tres campañas, se observó que los mayores valores en la altura de las plantas, el diámetro del tallo, el área foliar y la masa seca total se alcanzaron en las posturas cultivadas en los tubetes de mayor capacidad (180 cm³ y 220 cm³) con la aplicación de fertilizante NPK (7-14-7) al inicio y en el tercer y quinto par de hojas. Estos resultados coinciden con los obtenidos por [Sánchez et al. \(2018\)](#), quienes sugieren que el aumento del crecimiento de las plantas pudo estar motivado por la mayor cantidad de sustrato y fertilizantes, lo que resultó en una mayor disponibilidad de nutrientes.

La capacidad del envase utilizado es un factor determinante para obtener posturas de óptima calidad. En Centroamérica, la producción de posturas se realiza generalmente en bolsas de polietileno negro, cuyas dimensiones varían según el tiempo que las plantas permanecerán en el vivero. Si el vivero es para un máximo de 180 días después del trasplante, se usan bolsas de 16 × 20 cm; para períodos más largos, se emplean bolsas de 18 × 26, 23 × 26 y 23 × 31 cm ([Blandón, 2008](#)). Esta variación en el tamaño de las bolsas asegura que las plantas dispongan del volumen de sustrato y nutrientes necesarios para su desarrollo.

Según [Irigoyen \(2000\)](#), es importante considerar que el tamaño de la bolsa está en función del tiempo que durará la etapa de vivero, ya que, a mayor tiempo, la planta crecerá más y necesitará un mayor volumen de sustrato y nutrientes. En este estudio, el tiempo de permanencia en los tubetes fue similar para todos los tratamientos, pero varió el volumen del sustrato utilizado, según del tamaño y capacidad del tubete. Sin embargo, [González \(2001\)](#), al comparar bolsas de 10x20 cm con tubetes de 150 cm³ en la producción de plantas de café en Honduras, no encontró diferencias significativas en el desarrollo de las posturas producidas en ambos recipientes.

Se observó un marcado efecto del momento de aplicación de fertilizantes en el desarrollo de las posturas de café. Los mayores valores en altura, diámetro del tallo, área foliar y masa seca se alcanzaron cuando el fertilizante se aplicó mezclado con el sustrato al inicio y en dos aplicaciones líquidas adicionales, sin tocar las hojas y el tallo de las plantas, cuando el 90% de estas alcanzaron el tercer y quinto par de hojas, respectivamente. Los valores más bajos se obtuvieron cuando el fertilizante se aplicó solo al inicio del experimento. Estos resultados coinciden con los informados por [Costa \(2000\)](#);

[Müller et al. \(1997\)](#); [Neto et al. \(1999\)](#), quienes señalaron que los sustratos comúnmente utilizados en tubetes no pueden suministrar las cantidades adecuadas de nutrientes para el crecimiento y desarrollo de las plántulas, por lo que es necesario complementar con fertilizantes sólidos o mediante fertirrigación.

[Blandón \(2008\)](#), al estudiar el efecto de tres sustratos y tres tipos de fertilización en almácigos de café en Honduras en tubetes de 150 cm³, obtuvo los mejores resultados con el sustrato Pro-Mix® y fertilizando una sola vez con Osmocote®, un fertilizante de liberación controlada diseñado para liberar nutrientes según las necesidades de cada tipo de planta en su fase de crecimiento. Este método permitió una utilización eficiente de los nutrientes, lo que redujo el desperdicio y la contaminación ([Palacios, 2008](#)). En este estudio, al no disponer de fertilizantes de liberación controlada, los mejores resultados se lograron al aplicar fertilizantes convencionales sin recubrimiento polimérico, mezclados con el sustrato al inicio del experimento y en el tercer y quinto par de hojas en forma líquida, concentrados alrededor del tallo sin contacto con el área foliar.

La mezcla de suelo con cachaza (testigo de producción) en una proporción 3:1 (v/v) no mostró diferencias significativas entre sí, pero sí con el resto de los tratamientos estudiados. Al estudiar diferentes niveles de fertilidad en el sustrato en este tipo de suelo, [Sánchez et al. \(2009\)](#) determinaron que la relación suelo-abono orgánico utilizada satisface el óptimo desarrollo de las posturas en bolsas de polietileno negro (14 x 22 cm). Este hallazgo respalda la eficacia de la mezcla propuesta para el crecimiento de las plantas.

Para definir el momento adecuado en que las posturas deben ser trasladadas al sitio definitivo, es necesario considerar indicadores que caractericen su calidad biológica. Generalmente, se utiliza como criterio el número de pares de hojas verdaderas, definiéndose un rango entre 5 y 7 pares. Al analizar el crecimiento de las posturas de café en tres altitudes diferentes y basándose en el estudio de la dinámica de desarrollo de la masa seca, [Rivera & Soto \(2012a\)](#) determinaron que las posturas están listas para ser plantadas cuando alcanzan el sexto par de hojas verdaderas, con una altura superior a 17 cm, una superficie foliar de 300 cm² y una masa seca total de 3 g. En las tres campañas, las posturas producidas en los tubetes con 180 cm³ y 220 cm³ de capacidad cumplieron con estos requisitos, mientras que las producidas en tubetes de 120 cm³ no los alcanzaron, lo que indica que estos últimos no son adecuados para este propósito.

Los contenidos medios de nitrógeno, fósforo y potasio en las plantas, en los tres niveles de fertilizantes estudiados (F1, F2, F3), se muestran en las [Figuras 1, 2 y 3](#), respectivamente. Se observó que los niveles de los tres elementos aumentaron significativamente con las aplicaciones de fertilizantes, alcanzándose los mayores porcentajes de nitrógeno (2,27%), fósforo (0,24%) y potasio (2,53%) cuando se aplicó el fertilizante mezclado con el sustrato al inicio y en el tercer y quinto par de hojas en forma líquida, concentrado alrededor del tallo.

Resultados similares informaron [Martínez \(2005\)](#) en Guatemala, al estudiar la aplicación de fertilizantes en el desarrollo de posturas de cafeto en tubetes de 150 cm³.

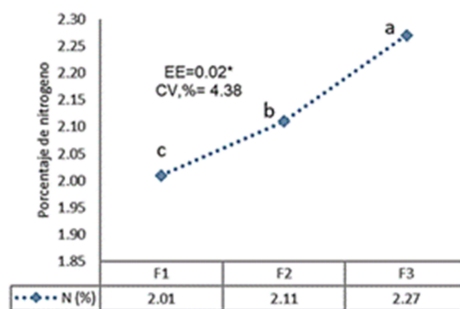


Figura 1. contenido medios de nitrógeno en las plantas con diferentes niveles de fertilidad en el sustrato

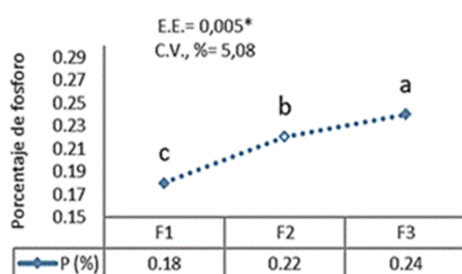


Figura 2. Contenido medios de fósforo en las plantas con diferentes niveles de fertilidad en el sustrato.

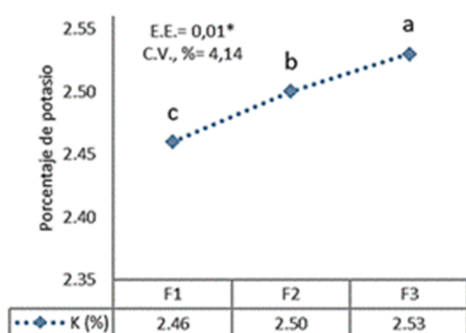


Figura 3. contenido medios de Potasio en las plantas con diferentes niveles de fertilidad en el sustrato.

Durante la etapa de vivero, el fósforo y el nitrógeno son los elementos más importantes para garantizar un crecimiento óptimo de las plantas. El nitrógeno favorece un crecimiento vegetativo rápido y la formación de un área fotosintética adecuada, mientras que el fósforo promueve el desarrollo del sistema radical ([Molina, 2000](#)). Este período puede durar entre 5 y 8 meses, durante el cual se pueden realizar entre 3 y 4 aplicaciones de fertilizantes, en dependencia de la fertilidad del sustrato y del estado nutricional de las plantas ([Espinosa, 1993](#)).

Estos valores son similares a los informados por [Sánchez \(2001\)](#) en posturas micorizadas que presentaron un desarrollo óptimo. El análisis de tejido

vegetal, comúnmente denominado análisis foliar, permite determinar el contenido elemental de nutrientes en las plantas. Esta técnica se ha empleado para evaluar el estado nutricional de la planta y, de manera indirecta, el del suelo, ya que existe una relación directa y estrecha entre la aplicación de fertilizantes y el rendimiento del cultivo.

Los resultados obtenidos de estos análisis se utilizan para identificar síntomas de deficiencia de nutrientes, tal como lo señalan [Rivera & Soto \(2012a\)](#). No obstante, la principal utilidad de los análisis foliares radica en determinar el nivel de fertilidad del sustrato y establecer las dosis de fertilizantes necesarias para cubrir los requerimientos del cultivo, según lo indicado por [Espinosa \(1993\)](#). De esta manera, se optimiza la nutrición vegetal y se garantiza un manejo adecuado de los recursos.

El fósforo es un elemento con baja movilidad en el suelo, y solo entre el 10% y el 30% del total aplicado es absorbido por las plantas durante el primer año. Esta limitación se debe a que el fósforo reacciona y forma diversos compuestos en función del pH del suelo, independientemente de si la fuente original es líquida o sólida ([Espinosa, 1993](#)). En el caso de los fosfatos sólidos, estos se disuelven y posteriormente reaccionan con los elementos y fracciones minerales presentes en la solución del suelo, mientras que los fertilizantes líquidos se aplican directamente en forma disuelta.

Estudios comparativos entre fuentes de fosfatos en forma líquida y sólida no han demostrado diferencias significativas en cuanto a su efectividad agronómica. Sin embargo, cuando el fertilizante fosfórico se aplica junto con nitrógeno, la disponibilidad del fósforo para las plantas aumenta notablemente en comparación con su aplicación en ausencia de nitrógeno. La influencia del nitrógeno en la absorción del fósforo es particularmente evidente durante las primeras etapas de desarrollo de las plantas, que permitió alcanzar incrementos de hasta el 60% en cultivos como el maíz.

Este fenómeno explica los efectos positivos observados al aplicar una fórmula completa de fertilizante rica en fósforo y nitrógeno durante el desarrollo de las posturas. Por otro lado, se ha documentado que el potasio es el elemento menos requerido durante esta fase del desarrollo del cafeto ([Rivera et al., 2003](#)).

Influencia de proporciones de cascarilla de arroz carbonizada (CAC), fibra de coco y dosis de FLC en el desarrollo de posturas de café en tubetes

Al analizar el efecto de los tratamientos en el desarrollo de las posturas durante las tres campañas de vivero, se observó que los mayores valores absolutos en altura, diámetro del tallo, masa seca total y área foliar se alcanzaron con el sustrato compuesto por 50% CAC + 50% de suelo + 2 g de FLC. Este tratamiento no mostró diferencias significativas en altura, diámetro del tallo y área foliar con respecto al tratamiento 50% CAC + 50% de suelo + 3 g de FLC. Sin embargo, sí se detectaron diferencias significativas con los demás tratamientos evaluados para estas variables.

En todas las proporciones estudiadas, los valores más bajos en altura, diámetro del tallo, masa seca total y área foliar se obtuvieron cuando no se aplicó FLC. Esto indica que los sustratos utilizados, por sí solos, no proporcionaron los nutrientes necesarios para el desarrollo óptimo de las posturas en ninguna proporción de suelo-CAC. Al aplicar 1 g de FLC por tubete en cualquier proporción, se observó un aumento en el desarrollo de las posturas en comparación con los tratamientos sin fertilizante. Estos resultados coinciden con los informados por Blandón (2008), quien encontró los valores más bajos en posturas de cafeto cuando no se aplicó fertilizante de liberación lenta Osmocote®, en comparación con los tratamientos que sí lo recibieron.

Moraes et al. (2007) estudió diferentes sustratos y dosis de fertilizantes de liberación lenta o controlada (Osmocote®) y determinó que el sustrato por sí solo no es capaz de suministrar los nutrientes necesarios para el desarrollo completo de las posturas. Por ello, fue necesaria la aplicación de fertilizante, con el que se logró el mayor desarrollo de las plántulas con una dosis de 13,06 kg de Osmocote® por m³ de sustrato. Barbosa et al. (2018) también observaron que los fertilizantes de liberación lenta mejoraron el crecimiento de las plántulas de café, independientemente del cultivar estudiado. Concluyeron que este efecto podría estar relacionado con una mayor disponibilidad de nutrientes minerales durante la etapa de crecimiento de las posturas.

Las Figuras 4, 5, 6, 7 y 8 muestran las regresiones polinómicas entre el área foliar y las dosis crecientes de fertilizante de liberación lenta (Multicote™) en las proporciones suelo-CAC estudiadas. Se destaca que existe una alta correlación y un mejor ajuste de los datos a la función cuadrática en las cinco proporciones evaluadas. Este análisis confirma la relación directa entre la dosis de fertilizante y el desarrollo del área foliar en las posturas.

Se constató que en las proporciones donde predominó la CAC (100% y 75%) y el suelo, el área foliar mostró una respuesta creciente con el aumento de las dosis de FLC hasta alcanzar los tres gramos (Figuras 4, 5, 6, 7 y 8). Sin embargo, no se observaron efectos significativos a partir de los 2 g. Por otro lado, cuando el sustrato estuvo compuesto por 50% y 25% de CAC, este efecto se mantuvo hasta los 2 gramos de FLC por tubete, con incrementos más pronunciados en la proporción de 50% de suelo - CAC. Estos resultados sugieren que el sustrato con 50% de suelo - CAC presentó las mejores características para el desarrollo de las posturas de café.

Vallone (2003) estudió cinco proporciones de CAC en el sustrato (0%, 25%, 50%, 75% y 100%) y determinó que el mayor desarrollo de posturas de cafeto se logró al utilizar la cáscara de arroz carbonizada en una mezcla entre el 60% y 70%. Este hallazgo respalda la importancia de la composición del sustrato en el crecimiento óptimo de las plantas.

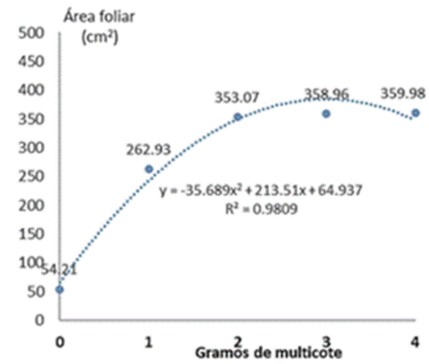


Figura 4. Regresión entre el área foliar en el 100% de CAC y dosis de FLC.

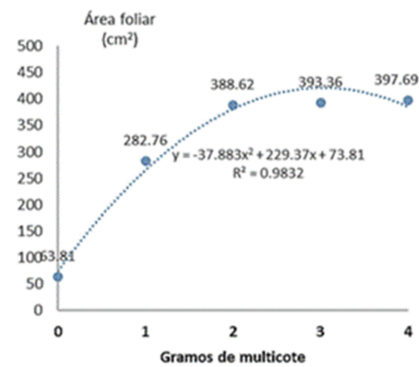


Figura 5. Regresión entre el área foliar en el 75% de CAC-suelo y dosis de FLC.

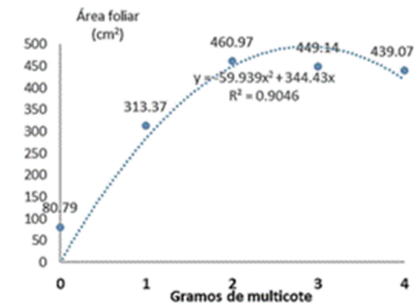


Figura 6. Regresión entre el área foliar en el 50% de CAC-suelo y dosis de FLC.

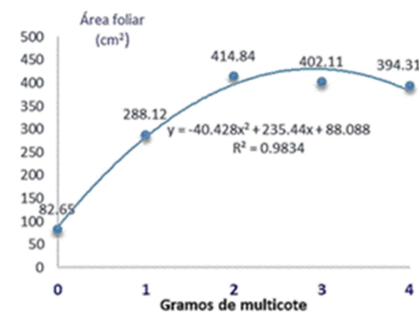


Figura 7. Regresión entre el área foliar en el 25% de CAC-suelo y dosis de FLC.

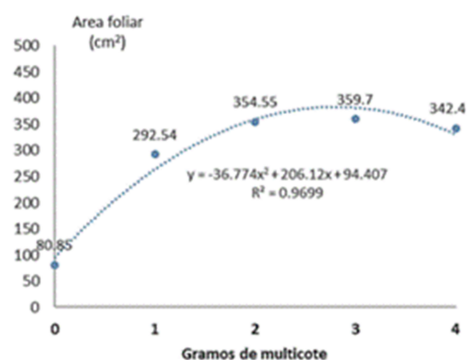


Figura 8. Regresión entre el área foliar en el suelo sin CAC y dosis de FLC.

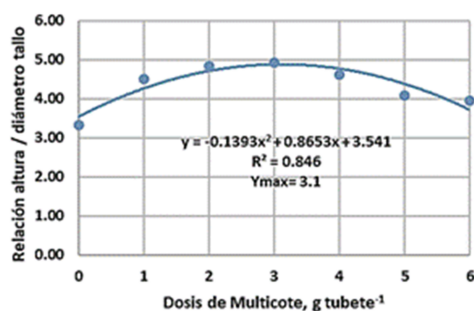


Figura 9. Efecto de las dosis de FLC en la relación altura/ diámetro del tallo de posturas de *Coffea arabica* L producidas en tubetes.

Al analizar el efecto del porcentaje de fibra de coco y las dosis de FLC en el desarrollo de las posturas durante la campaña 2017-2018, se observó que los mayores valores en altura, diámetro del tallo, masa seca total y área foliar se alcanzaron con el sustrato compuesto por 50% de fibra de coco + 50% de suelo + 2 g de FLC. Este tratamiento no mostró diferencias significativas en altura, diámetro del tallo y área foliar en comparación con el tratamiento de 50% CAC + 50% de suelo + 3 g de FLC. Sin embargo, sí se registraron diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos evaluados para estas variables.

Influencia de diferentes dosis de Fertilizante de Liberación Controlada (FLC) en el desarrollo de posturas de café en tubetes

La aplicación de FLC influyó positivamente en el desarrollo de las posturas de café producidas en tubetes en las tres repeticiones del experimento. Con excepción del diámetro del tallo y el índice de calidad en el primer año experimental, todas las variables de crecimiento mostraron valores significativamente superiores en comparación con el tratamiento sin aplicación del fertilizante. Esto demuestra la necesidad de suplementos nutricionales para un desarrollo adecuado de las posturas en tubetes, un hallazgo que coincide con lo informado por Müller et al. (1997).

En la primera fecha de evaluación, la dosis de 1 g de FLC por tubete generó valores de altura, área foliar, masa seca del tallo, raíces y masa seca total superiores o similares estadísticamente a los mayores indicadores evaluados.

Esta dosis incrementó la altura de las posturas en un 29%, el área foliar en un 17% y la masa seca total en un 19% en comparación con el tratamiento sin fertilizante de lenta liberación. Por otro lado, dosis de FLC superiores a 1 g redujeron el índice de calidad, la masa seca del tallo, la masa seca de la raíz y la masa seca total de las posturas.

En el segundo montaje, las posturas que recibieron 2 g de FLC por tubete alcanzaron los mayores valores absolutos de índice de calidad, área foliar, masa seca del tallo, masa seca de la raíz y masa seca total. Sin embargo, estos valores no mostraron diferencias estadísticamente significativas respecto a los obtenidos con 1 g de FLC por tubete. La aplicación de 1 g de fertilizante aumentó la altura en un 32%, el diámetro del tallo en un 25%, el índice de calidad en un 45%, el área foliar en un 44% y la masa seca total en un 31% en comparación con el testigo. Dosis superiores a 2 g redujeron la altura, el diámetro del tallo, el índice de calidad, la masa seca del tallo y la masa seca total de las posturas.

En el tercer año, el efecto de la dosis de 2 g de FLC por tubete fue evidente y estadísticamente superior a los valores alcanzados con 1 g por tubete en términos de altura, índice de calidad, masa seca del tallo, masa seca de la raíz y masa seca total. Los incrementos respecto al testigo fueron del 26%, 25%, 22%, 32% y 15%, respectivamente. Los mayores valores de área foliar y masa seca de las hojas se obtuvieron con 3 g por tubete, los cuales superaron al testigo en un 71% y un 26%, respectivamente.

Investigaciones realizadas en Brasil por Marana et al. (2008) establecieron que una relación altura/diámetro de 3,5 a 4,0 es razonable para cafetos cultivados en tubetes de 120 mL de capacidad. Valores más altos indican un crecimiento excesivo de la plántula en altura. En las condiciones experimentales, la regresión entre las dosis de FLC y la relación altura/diámetro mostró un mejor ajuste a la función cuadrática, con un máximo en la dosis de 3,1 g de fertilizante de lenta liberación por tubete y un valor de 4,88 (Figura 9). Este valor supera los informados en Brasil y podría servir como indicador para las condiciones de producción en Cuba.

El razonamiento anterior podría estar relacionado con un mayor crecimiento de los cafetos en los tubetes de mayor capacidad utilizados en el experimento. Vallone et al. (2010) concluyeron que la restricción radicular, impuesta por el volumen reducido de los recipientes, disminuyó indicadores importantes de calidad de las posturas, como la altura, el área foliar y la biomasa. Por su parte, Espindula et al. (2015), al estudiar cinco dimensiones de tubetes, informaron que todas las características vegetativas de las posturas fueron influenciadas por el volumen de los tubetes, y que el aumento del mismo promovió el incremento de las características vegetativas de las posturas de *Coffea canephora*.

En todos los años experimentales se observó una tendencia al efecto depresivo de las dosis superiores a 3 g por tubete de FLC en las diferentes variables. En ocasiones, incluso se registraron valores inferiores al tratamiento testigo, lo que podría estar relacionado con el cambio de

las propiedades químicas del sustrato provocadas por esas altas dosis y la fertilidad inicial del sustrato. Al comparar los índices de crecimiento de las posturas de café del último montaje con los establecidos por Marana et al. (2008) para el sustrato Plantmax, se observó que los obtenidos en esta investigación resultaron superiores, lo que valida la pertinencia del sustrato nacional para estas condiciones de producción de las posturas.

Esta situación podría estar relacionada con los resultados de Tavares Júnior (2004), citado por Dias & Melo (2009), quienes encontraron que el número de pares de hojas varía en función del volumen y la granulometría del sustrato. Además, señalaron que cuanto mayor sea el recipiente, mayor será el número de pares de hojas y, por ende, el área foliar.

El área foliar es importante en la mayoría de los estudios agrícolas y fisiológicos involucrados en el crecimiento vegetal, la captación de luz, la eficiencia fotosintética, la respiración, la transpiración y la respuesta al riego y a la fertilización (Casierra-Posada et al., 2008). Por otro lado, la biomasa refleja las condiciones del sitio y de los recursos edáficos, hídricos y de radiación solar disponibles en el mismo (Dobbs et al., 2011). El contenido de masa seca es un indicador del incremento en la producción, gastos y biosíntesis de carbohidratos. Marana et al. (2008) y Serrano et al. (2012) prefieren esta última variable, ya que otras comúnmente utilizadas, como la altura y el diámetro del tallo, pueden ser influenciadas por distorsiones derivadas de la estilización debida a la competencia por la luz o por exceso de nitrógeno.

Para el área foliar y la masa seca se observó una respuesta cuadrática a las dosis de FLC. Los valores superiores de área foliar se registraron con dosis de FLC que oscilaron entre 1,47 g y 3,57 g, en dependencia del año experimental, mientras que para la masa seca estos oscilaron entre 2,53 g y 2,84 g. Este rango de respuesta puede estar relacionado con varias causas. Una de ellas puede ser el bajo coeficiente de determinación observado, que puede tener su origen en la dispersión de los datos, situación también observada en las investigaciones de Marana et al. (2008). Otra causa podría ser la diferente fertilidad del sustrato en los años experimentales.

También se evidenció que para la producción de posturas de cafetos en tubetes utilizando como sustrato el suelo Pardo sialítico/estiércol vacuno en proporción 1:1, la dosis de FLC a adicionar por tubete puede oscilar entre 2 y 3 g (0,06-0,12 g P_2O_5), lo que equivale a 11 y 16,5 kg de FLC por metro cúbico de sustrato. Estas dosis deben garantizar un adecuado suministro de nutrientes en el sustrato durante la permanencia en el vivero.

Los resultados son similares a los alcanzados en Brasil por Marana et al. (2008), quienes informaron como la más adecuada la dosis de 10 kg de fertilizante de liberación lenta 15-9-12 por m^3 , que representan 0,06 g de P_2O_5 por tubete de 120 mL. Por su parte, Dias & Melo (2009) adicionaron el equivalente a 0,09 g P_2O_5 , la misma cantidad que aplicaron Pozza et al. (2000) por tubete de similar volumen.

Influencia del momento de aplicación de FLC en el crecimiento del cafeto en tubetes

El análisis estadístico reveló diferencias significativas en los factores estudiados y en su interacción. Para el factor año, los valores más altos se registraron en el tercer año experimental, con diferencias significativas en todas las variables, excepto en el diámetro del tallo. En el primer año, la altura disminuyó un 20% en comparación con el tercer año, mientras que las reducciones fueron del 20% para la masa seca de las hojas, 30% para la masa seca total, 40% para la masa seca de la raíz y el área foliar, y 50% para la masa seca del tallo.

Este comportamiento podría estar asociado a las variaciones de temperatura durante los períodos analizados. En el primer experimento, la temperatura media fue de 24,6 °C. En el segundo período experimental (Multicote™ II), la temperatura media ascendió a 27,9 °C, y solo se observó una disminución del 20% en el área foliar, la masa seca del tallo y la raíz. El índice de calidad y la masa seca total disminuyeron un 10%.

En cuanto al factor momento, la aplicación de FLC durante la mezcla para el llenado de los tubetes mostró resultados estadísticamente superiores en todas las variables, excepto en el área foliar y la altura, donde fue similar a la aplicación en el segundo par de hojas. La adición del fertilizante en la mezcla incrementó la altura en un 17%, el diámetro del tallo en un 14%, el índice de calidad en un 31%, el área foliar en un 11% y la masa seca en un 34%, en comparación con la aplicación al momento de plantar. Sin embargo, estos incrementos fueron menores que los observados al aplicar FLC en el primer par de hojas, donde la altura aumentó un 2%, el diámetro del tallo un 11%, el índice de calidad un 39% y la masa seca un 24%.

El efecto de FLC en la masa seca de las posturas fue más notable en la raíz, seguido del tallo y finalmente en las hojas, independientemente del momento de aplicación. El análisis de la interacción de los factores confirmó la tendencia observada al evaluar los factores por separado. En el tercer año, la aplicación de FLC en la mezcla generó los valores más altos y significativos en altura, diámetro del tallo, índice de calidad y masa seca de las posturas.

La respuesta de las variables mostró inconsistencia en los tres montajes. En el tercer año, la aplicación del fertilizante al alcanzar el segundo par de hojas superó en un 40% a la aplicación en la mezcla. No obstante, en el primer año, el área foliar fue un 26% mayor al aplicar el fertilizante en la mezcla que al aplicarlo en el segundo par de hojas. En el segundo montaje, no se encontraron diferencias significativas entre ambos tratamientos.

La respuesta de las posturas al momento de aplicación de FLC podría relacionarse con la fertilidad del sustrato, la liberación del fertilizante y el período de montaje del experimento. La tasa de liberación del fertilizante aumenta a partir de los 30 °C (Figura 10). En el primer período experimental, la temperatura media (24,6 °C) fue inferior a los 30 °C, lo que, junto con el menor tiempo experimental, explicaría los valores reducidos de crecimiento de las posturas.

El segundo período duró dos meses más que el anterior y registró las temperaturas más altas. La temperatura media se acercó a los 30 °C, lo que favoreció una mayor liberación de nutrientes del fertilizante, ya que el experimento se desarrolló durante el verano en esas latitudes. En el tercer montaje, las posturas se expusieron al invierno y parte del verano, con temperaturas cercanas a las óptimas para la liberación de nutrientes. Esto permitió una absorción más eficiente por parte de las posturas (Figura 10), ya que el tiempo de interacción del fertilizante con el ambiente aumentó, lo que facilitó una liberación más gradual.

Desde el punto de vista práctico, la aplicación del fertilizante de liberación controlada durante la elaboración del sustrato garantiza una distribución más homogénea del nutriente. Este método evita los inconvenientes asociados con la aplicación del fertilizante al momento de la siembra, como la reducción en la productividad del personal debido a la incorporación de una actividad adicional en el proceso. Además, se minimiza el riesgo de dañar las posturas al evitar que el fertilizante se acerque demasiado a ellas, lo que podría causar quemaduras.

Por otro lado, la aplicación del fertilizante en la etapa del segundo par de hojas presenta desventajas significativas. Este enfoque también reduce la productividad del personal, ya que requiere un mayor esfuerzo para asegurar la correcta localización del fertilizante. En esta fase, las posturas tienen un área foliar más extensa, lo que obliga a apartar las hojas para ubicar el fertilizante de manera adecuada, lo que dificulta aún más el proceso.

Determinación de la norma y régimen de riego en la producción de posturas de café en viveros con tubetes de 180 cm³

Como parte del estudio, se llevó a cabo un análisis de la capacidad de almacenamiento de agua en cada sustrato para determinar los momentos más adecuados para el riego. Los resultados obtenidos de la investigación se muestran en la Tabla 3. En general, se pudo definir que, para todos los sustratos regados al 85% de su capacidad de almacenamiento, el momento de riego ocurría aproximadamente cada dos días. En los sustratos regados al 70%, el momento de riego se presentó entre tres y cuatro días, mientras que, para los sustratos regados al 50%, el riego se realizaba entre cuatro y cinco días. Este factor es clave para definir la frecuencia de riego, según Wendling (2002).

Tabla 3. Capacidad de almacenamiento según el tipo de sustrato

Sustrato	Peso seco (g)	Peso a Cc (g)	Contenido de agua (g)	% Capacidad de almacenamiento
50% CAC + 50% Suelo+ 2g FLC	124,4	186,8	60,9	32,0
50% FC + 50% Suelo+ 2g FLC	120,5	201,7	82,4	40,8
50% de suelo + 50% MO	169,2	245,7	52,0	21,2

Leyenda: CA: Cascarilla de arroz carbonizada; FC: Fibra de coco; MO: materia orgánica, Cc: capacidad de campo.

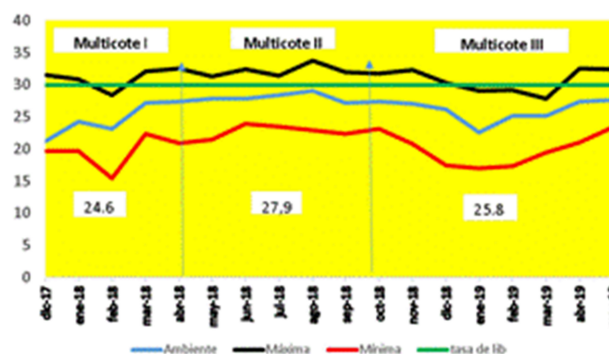


Figura 10. Variación de la temperatura durante el periodo experimental y su relación con la temperatura de liberación de nutrientes.

Entre los sustratos estudiados, el que tiene mayor capacidad de almacenamiento de agua es el compuesto por un 50% de FC y un 50% de suelo, seguido por el 50% de CAC y 50% de suelo. La menor capacidad de retención de agua se presenta en el sustrato conforme a las normas técnicas (50% materia orgánica + 50% suelo), con valores de 40,8%, 32,0% y 21,2%, respectivamente.

En la Figura 11 se muestra la dinámica de desarrollo promedio de las posturas de café para los tres tratamientos durante la fase de vivero. A medida que las plántulas crecían, tanto su altura como su peso total aumentaban progresivamente. En los primeros días, la altura promedio fue de 6 cm y el peso total de 1,1 g. Al final del ciclo, la altura promedio fue de 19,2 cm y el peso total de 10,1 g. Los valores obtenidos de peso total de las posturas en cada fase de desarrollo fueron los tenidos en cuenta en el pesaje de los tubetes para definir la lámina de riego a aplicar.

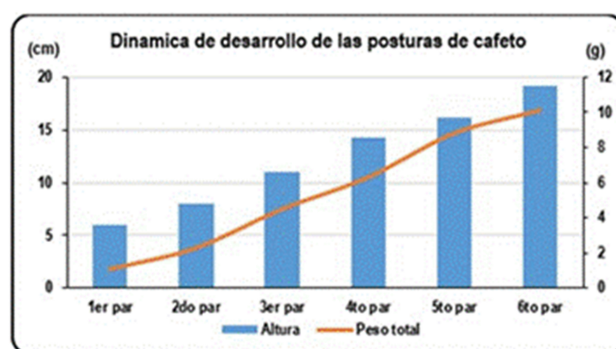


Figura 11. Progreso de desarrollo de dos variables morfológicas de las posturas de café durante la fase de investigación.

En cuanto a los volúmenes de agua aplicados para cada tipo de sustrato mostraron similar comportamiento donde las variaciones en las cantidades de agua aplicadas en cada momento del ciclo de vida de las posturas, las cuales estuvieron en correspondencia con el tamaño de las plantas y la demanda evaporativa de la atmósfera. se destacan momentos en los que las cantidades de agua aplicadas variaron desde 6 mL hasta 32 mL. Desde el punto de vista del seguimiento del riego, todos los tratamientos regados al 85% del límite superior de agua disponible para cada sustrato mostraron un comportamiento similar para cada tipo de sustrato.

Las normas parciales netas totales variaron según el tipo de sustrato (Figura 12). En todos los casos, estas se ajustaron a una ecuación lineal ascendente, con coeficientes de determinación elevados para un mismo nivel de humedad, que corresponde al 85% del límite superior de agua disponible en el sustrato. En el caso de la cascarilla de arroz, las normas netas se ubicaron en un rango de 11,71 a 17,18 mL por planta. La fibra de coco presentó valores entre 8,98 y 15,22 mL por planta, mientras que las normas técnicas fluctuaron entre 11,02 y 16,73 mL por planta. A partir de las ecuaciones representadas en el gráfico, es posible estimar la cantidad de agua a aplicar con un alto nivel de precisión, en función del número de pares de hojas.

Morales (1986), obtuvo resultados similares en un estudio sobre el crecimiento de plántulas de cafeto bajo diferentes contenidos de humedad en el suelo. En su trabajo, concluyó que las plantas mostraron un mayor desarrollo cuando la disponibilidad de agua en el suelo fue mayor. Este hallazgo es consistente con los resultados observados en este estudio, donde se evidenció que el manejo adecuado de la humedad tiene un impacto directo sobre el crecimiento de las posturas.

De manera general, para los tres tipos de sustratos estudiados, las mejores respuestas morfológicas en las posturas de cafeto se alcanzan al regar con el 85% del agua disponible en el sustrato. Aunque en el sustrato de cascarilla de arroz se requieren mayores cantidades de agua en comparación con los demás sustratos, es en este dónde se obtienen los mejores índices de desarrollo para la mayoría de las variables morfológicas estudiadas. Esto confirma que, con niveles de humedad cercanos al límite superior de

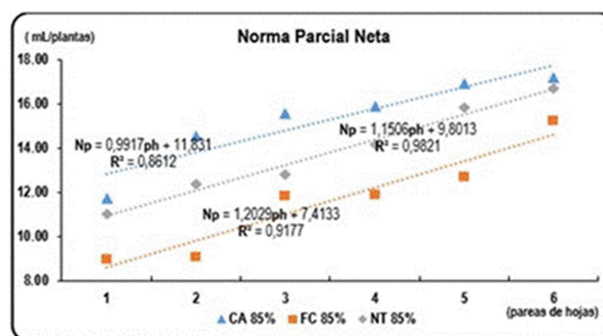


Figura 12. Normas parciales netas por tratamientos.

agua disponible en el suelo, las plantas pueden realizar sus actividades fisiológicas sin limitaciones, lo que favorece su buen desarrollo. Resultados similares fueron informados por Abad-Merjón et al. (1993); Silva et al. (1991).

Al analizar la combinación de tipo de sustrato y niveles de humedad para todas las muestras, se observa que, para la producción de posturas saludables, la mejor respuesta se obtuvo con el sustrato de cascarilla de arroz (Tabla 4). Este sustrato presenta diferencias altamente significativas en todas las variables morfológicas a su favor, siempre manteniendo la humedad al 85% del agua disponible. De las variables estudiadas, solo la altura no mostró diferencias significativas.

Desde el punto de vista morfológico, las mejores posturas se obtienen en el sustrato compuesto por 50% de cascarilla de arroz y 50% de suelo, al que se le añade 2 g de fertilizante de liberación controlada y manteniendo un nivel de humedad del 85% del límite superior de agua disponible.

Para lograr posturas de cafeto de alta calidad regar como sigue:

- Fosforito - 1^{er} par de hojas, riego diario con volumen de agua de 23,89 m³ ha⁻¹.
- 1^{er} par - 2^{do} par de hojas, riego diario con volumen de agua de 29,68 m³ ha⁻¹.
- 2^{do} - 4^{to} par de hojas, riego cada 2 días con volumen de agua de 64,75 m³ ha⁻¹.
- Después del 4^{to} par de hojas, riego cada 4 días con volumen de agua de 140,19 m³ ha⁻¹.

Tabla 4. Resultados del análisis de varianza de clasificación doble para los factores

N=90		Altura (cm)	Diámetro Tallo (cm)	Pares Hojas (No)	Peso Seco Planta (g)	Peso Seco Raíz (g)	Peso Seco total (g)	Área foliar (cm²)
Factor A	CAC	18,96	0,327a	6,9a	2,213a	1,050a	3,26a	382,18a
	FC	19,27	0,326a	6,62b	2,09b	0,929b	3,02b	353,38b
	NT	19,23	0,318b	6,47b	2,22a	0,906b	3,13c	314,23c
	Sig.	NS	***	***	***	***	***	***
Factor B	85%	20,57a	0,339a	6,9a	2,31a	1,055a	3,37a	372,81a
	70%	18,91b	0,324b	6,61b	2,17b	0,974b	3,14b	348,73b
	50%	17,98c	0,308c	6,47b	2,04c	0,857c	2,89c	328,25c
	Sig.	***	***	***	***	***	***	***
	ES±	0,098	0,00092	0,048	0,0168	0,012	0,022	2,93
Factor AB *** **				NS	NS	NS	NS	NS

Factor A: sustrato y Factor B: niveles de humedad

CONCLUSIONES

- Los mayores valores morfológicos en las posturas de café se alcanzaron en tubetes con capacidades de 180 cm³ y 220 cm³. En ausencia de fertilizantes de liberación controlada, fue necesario realizar tres aplicaciones de fertilizante: al inicio (mezclado con el sustrato), en el tercer par de hojas y en el quinto par de hojas. Estos tratamientos no mostraron diferencias significativas respecto al testigo producido en bolsas.
- Bajo las condiciones estudiadas, no se recomienda el uso de tubetes con capacidad de 120 cm³ para la producción de posturas de café, debido a su limitado rendimiento.
- Se observó una interacción altamente significativa entre las dosis de FLC y las proporciones de suelo-cascarilla de arroz carbonizada (CAC). Los mejores resultados se obtuvieron con una mezcla de 50% de cascarilla de arroz + 50% de suelo Pardo Gleyzoso + 2 g de FLC. Este tratamiento no mostró diferencias significativas en altura, diámetro del tallo, número de pares de hojas y área foliar en comparación con el tratamiento que incluyó 50% CAC + 50% de suelo + 3 g de FLC.
- Se demostró que la aplicación de FLC incrementó las variables de desarrollo evaluadas en dosis que oscilaron entre 2 y 3 g por tubete, en dependencia del año experimental y el tipo de suelo. Dosis superiores a estas redujeron algunas variables de crecimiento, incluso obteniendo valores inferiores al tratamiento sin fertilizante.
- La aplicación de FLC al momento de conformar el sustrato permitió obtener posturas de mayor calidad y con mejores variables de crecimiento, lo que sugiere su efectividad en la optimización del proceso productivo.
- Las normas de riego parciales promedio por tipo de sustrato son: cascarilla de arroz (14,44 mL·plantas⁻¹), fibra de coco (12,10 mL plantas⁻¹) y normas técnicas (13,87 mL plantas⁻¹).
- Las normas netas totales de riego varían para cada tipo de sustrato donde los mayores volúmenes de agua necesarios son en el sustrato cascarilla de arroz seguido de normas técnicas y fibra de coco con 46,01; 42,37 y 36,16 mL m⁻² respectivamente.

RECOMENDACIONES

- Utilizar tubetes con capacidad de 180 cm³, ya que requieren un menor volumen de sustrato en comparación con los de 220 cm³. En caso de no disponer de fertilizantes de liberación controlada, se recomienda realizar tres aplicaciones de fertilizante:

al inicio (mezclado con el sustrato), en el tercer par de hojas y en el quinto par de hojas.

- Cuando se disponga de FLC, se recomienda aplicar una dosis de 2 g por tubete al momento de conformar el sustrato, utilizando las proporciones recomendadas de suelo y cascarilla de arroz carbonizada (CAC). Esta práctica optimiza el crecimiento y la calidad de las posturas.
- Evitar el uso de dosis superiores a 3 g de FLC por tubete, ya que pueden tener un efecto negativo en el crecimiento de las posturas, incluso se redujo su desarrollo en comparación con tratamientos sin fertilizante.
- Priorizar la aplicación de FLC en la etapa inicial de conformación del sustrato, ya que esta práctica demostró ser eficaz para mejorar la calidad y el desarrollo de las posturas de café.
- Aplicar el manejo de riego por fases de desarrollo respetando los intervalos de riego y las normas parciales netas como se indica en el presente trabajo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad-Merjón, M., Martínez-Herrero, M. D., Martínez-Corts, J., & Martínez-García, P. F. (1993). *Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo*. 141-154.
- Barbosa, P. O., De Rezende, A. L., Avila, R. G., & Nascimento, C. (2018). Crecimiento de mudas de cafeeiro em tubetes com fertilizante de liberação lenta. *Revista Agrogeoambiental*, 10.
- Blandón, J. L. (2008). *Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización*.
- Cabana, Y. (2013). Influencia del Tipo de tubete y momento de fertilización sobre la producción de posturas de café [Trabajo de Diploma para optar por el título de ingeniero agrónomo]. *Facultad Agropecuaria de Montaña del Escambray. Universidad de Sancti Spiritus José Martí Pérez*.
- Calderón, F. (2001). Qué son los cultivos hidropónicos y el por qué de la hidroponía. *Primer Curso de Hidroponía para la Floricultura*, 1-20.
- Casierra-Posada, F., Peña, G. R., & Peña-Olmos, J. E. (2008). Estimación indirecta del área foliar en *Fragaria vesca* L., *Physalis peruviana* L., *Acca sellowiana* (Berg.) Burret, *Rubus glaucus* L., *Passiflora mollissima* (Kunth) LH Bailey y *Ficus carica* L. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 11(1), 95-102. <https://doi.org/10.31910/rudca.v11.n1.2008.612>
- Cochran, W. G., & Cox, G. m. (1990). *Diseños experimentales*. Trillas.
- Cordón, L. (2019). *Monitoreo de la calidad de almácigo de café-2018, Región III-Guatemala, Escuintla, Sacatepéquez, Chimaltenango y El Progreso (p. 13) [Edición y diagramación, Unidad de Comunicación-Anacafé-]. Centro de Investigaciones en Café de Anacafé-Cedicafé*.

- Costa, A. (2000). Mudras em tubetes: Novos componentes e misturas. *Informativo da Cooperativa dos Cafeicultores da Região de Garça, Ano, 5*(51), 14-15.
- Costa, A. C., Decarlos, N. A., Ramos, J. D., & Borges, D. I. (2011). Alternativas para adubação de porta-enxertos de abacateiro 'quintal' e seu efeito no pegamento de enxertia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(4), 1283-1293. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400030>
- Dias, R., & Melo, B. de. (2009). Proporção de material orgânico no substrato artificial para a produção de mudas de café em tubetes. *Ciência e agrotecnologia*, 33, 144-152. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000100020>
- Díaz, W., Caro, P., Bustamante, C., Sánchez, C., Rodríguez, M., & Vázquez, E. (2013). *Instructivo Técnico Café Árabe (Coffea arabica Lin.* Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.
- 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>
- Dobbs, C., Hernández, J., & Escobedo, F. (2011). Ecuaciones de biomasa aérea y área foliar basadas en métodos no destructivos para árboles urbanos de dos comunas de Chile Central. *Bosque (Valdivia)*, 32(3), 287-296. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002011000300007>
- Espindula, M. C., Jaraceski, R., Teixeira, A. L., Campanharo, M., & Dias, J. R. M. (2015). *Volume de tubetes para produção de mudas clonais de Coffea canephora 'Conilon-BRS Ouro Preto'*.
- Espinosa, J. (1993). *Análisis foliar: Fundamentos y métodos de evaluación*.
- FAO. (2015). *WRB-World Reference Base for Soil Resources*. <http://www.fao.org/3/i3794en/i3794en.pdf>
- González, D. O. (2001). *Comparación entre la bolsa y el "conomacetero" o "tubete" en la producción de plantas de café*.
- Haifa Group Multicote™ Agri. (2014). *Manual de Fertilizantes de liberación controlada para la agricultura*.
- Hernández, J. A., Pérez, J., Bosch, I. D., & Castro, S. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: Énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1), Article 1.
- Irigoyen, J. (1997). *Pasos para la producción apropiada de viveros de café (p. 4)*.
- Irigoyen, N. J. (2000). *Guía para la producción de vivero de café*. PROCAFE. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7655>
- Klooster, W. S., Cregg, B. M., Fernandez, R. T., & Nzokou, P. (2012). Growth and physiology of deciduous shade trees in response to controlled-release fertilizer. *Scientia Horticulturae*, 135, 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.11.039>
- Marana, J. P., Miglioranza, É., Fonseca, É. de P., & Kainuma, R. H. (2008). Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. *Ciência Rural*, 38, 39-45. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000100007>
- Martínez, A. (2005). Evaluación de diferentes sustratos, empleando la técnica de tubete para producir plántulas de café (*Coffea arabica* L.) var. Catuaí, en etapa de vivero, finca Monte Maria, San Juan Alotenango, Sacatepéquez. *Ingeniero Agrónomo Tesis de Grado, Universidad de San Carlos de Guatemala*.
- Melo, B. de. (1999). *Estudos sobre produção de mudas de cafeeiro (Coffea arabica L.) em tubetes*.
- Mendonça, V., Abreu, N. A. A. de, Souza, H. A. de, Teixeira, G. A., Hafle, O. M., & Ramos, J. D. (2008). Diferentes ambientes e Osmocote® na produção de mudas de tamarindeiro (*Tamarindus indica*). *Ciência e agrotecnologia*, 32, 391-397. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000200020>
- Molina, E. (2000). Nutrición y fertilización del pejíbaye para palmito. *Informaciones Agronómicas. Instituto de la Potasa y el Fósforo, Educación, Ecuador*, 38, 10.
- Moraes, S., Guimarães, R. J., & de Carvalho, J. G. (2007). *Estudo de doses do adubo de liberação lenta (osmocote) em mudas de cafeeiro (Coffea arabica L.) produzidas em tubetes*. Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras.
- Morales, D. (1986). Influencia de la humedad del suelo y diferentes condiciones de aviveramiento del *Coffea arabica* L. *Morales-Tesis de Grado (C. Dr. en Ciencias Agrícolas)*. San José de las Lajas. INCA.
- Müller, M. M. L., Miglioranza, E., & Fonseca, E. de P. (1997). Produção de mudas de café (Coffea arabica L.) cv. Mundo Novo em tubetes. *Revista Unimar*, 19(3), 777-786.
- NC 52. (1999). *Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio* (Norma cubana 52 No. 3). Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, Cuba.
- NC ISO 10390: 1999. (1999). *pH (H₂O) Potenciometría*. International Standart Organization ISO. Oficina Nacional de Normalización (ONN).
- Neto, A. A., Mendes, A. N. G., & Guimarães, P. T. G. (1999). Avaliação de substratos alternativos e tipos de adubação para a produção de mudas de café (Coffea arabica L.) em tubetes. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, 23(2), 270-280.
- Oliveira, L. L., Toletto, D. C., Rezende, T. T., Carvalho, S. P. de, Bueno Filho, J. S. de S., Livramento, D. E. do, Baliza, D. P., & Maia, D. R. B. (2013). Efeito de sacarose e de fertilizante de liberação lenta no sistema radicular de mudas obtidas por estacas caulinares de Coffea arabica lefeito de sacarose e de fertilizante de liberação lenta no sistema radicular de mudas obtidas por estacas caulinares de Coffea arabica L.
- Palacios, G. (2008). Fertilizante Osmocote. *San Pedro Sula*, 1-12.
- Pozza, A. A. A., Guimarães, P. T. G., Pozza, E. A., Romaniello, M. M., & Martins, M. F. (2000). *Suprimento*

- do fertilizante de liberação lenta na produção de mudas de cafeeiro em tubetes.
- Rivera, R., Fernández, K., Hernández, A., Triana, J., & Kelyane, F. (2003). El manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible, estudio de caso. *El Caribe*.
- Rivera, R., & Soto, F. (2012a). El Cultivo del café en Cuba. *Investigaciones y resultados*.
- Rivera, R., & Soto, F. (2012b). El Cultivo del café en Cuba. *Investigaciones y resultados*.
- Saboya, C. G. J. (2011). *Análisis técnico y económico en la producción de la cascarilla de arroz carbonizada (CAC) como sustrato para la propagación vegetativa de estacas juveniles de caoba (Swietenia macrophylla king) en cámara de sub-irrigación, Pucallpa-Perú*.
- Sánchez, C. (2001). *Uso y manejo de los hongos micorrizógenos arbusculares y los abonos verdes en la producción de posturas de café (Coffea arabica L) en tres tipos de suelos representativos del macizo Guamuhaya [Tesis doctoral]*. , Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.
- Sánchez, C., Caballero, D., Cupull, R., González, C., Rivera, R., & Urquiaga, S. (2009). Los abonos verdes y la inoculación micorrízica de plántulas de Coffea arabica sobre suelos Cambisoles Gléyicos. *Cultivos Tropicales*, 30(1), 00-00.
- Sánchez, C., Caballero, D., Rivera, R., & Cupull, R. (2006). Respuesta de cepas de hongos micorrizógenos (HMA) sobre el desarrollo de posturas de café (Parte I). Suelo Pardo Gleyzoso. *Centro Agrícola*, 33(1), 33-38.
- Sánchez, C., Martínez, F., Moran, N., Cabana, Y., Meneses, I., Vicet, E., & Ortiz, N. (2018). Influencia de tres tipos de tubetes y diferentes momentos de fertilización en el desarrollo de posturas de café. *Café Cacao*, 17(1), 35-43.
- Serrano, L. A. L., Marinato, F. A., Magiero, M., & Sturm, G. M. (2012). Produção de mudas de pimenteira-do-reino em substrato comercial fertilizado com adubo de liberação lenta. *Revista Ceres*, 59, 512-517.
- Silva, N., González, R., Ríos, M., & López, A. (1991). Manejo del riego en viveros de café en el Tercer Frente, Santiago de Cuba. *Revista Forestal Baracoa*, 21(2-3), 7-21.
- Teixeira, P. C., Rodrigues, H. S., Lima, W. A. A., Rocha, R. N. C., Cunha, R. N. V., & Lopes, R. (2009). Influência da disposição dos tubetes e da aplicação de fertilizantes de liberação lenta, durante o pré-viveiro, no crescimento de mudas de dendezeiro (Elaeis guineensis Jacq.). *Ciência Florestal*, 19(2), 157-168. <https://doi.org/10.5902/19805098434>
- Vallone, H. S. (2003). *Produção de mudas de cafeeiro (Coffea arabica L.) em tubetes com polímero hidrotentor; diferentes substratos e adubações*.
- Vallone, H. S., Guimarães, R. J., Mendes, A. N. G., Souza, C. A. S., Cunha, R. L. da, & Dias, F. P. (2010). Diferentes recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiros. *Ciência e Agrotecnologia*, 34, 55-60. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000100007>
- Wendling, I. (2002). *Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas*. Aprenda Fácil.