

Almácigos de café producidos en tubetes con diferentes sustratos en Sabanilla de Alajuela, Costa Rica

Coffee seedlings produced in tubes with different substrates in Sabanilla de Alajuela, Costa Rica

DOI: <http://doi.org/10.15359/prne.18-35.4>

Hugo Chaves-Vargas

Instituto del Café de Costa Rica (ICAFÉ), Costa Rica.
hchaves@icafe.cr.

Walter Peraza-Padilla

Universidad Nacional, Costa Rica.
walter.peraza.padilla@una.cr

Ellen Sancho-Barrantes

Universidad Nacional, Costa Rica.
ellen.sancho.barrantes@una.cr

Recibido: 14/05/2020

Aceptado: 20/06/2020

Publicado: 30/06/2020

Resumen

Un factor clave en la producción de almácigos es garantizar un sustrato que cumpla con los requisitos de textura, estructura, fertilidad y una buena sanidad, a fin de conseguir plantas sanas, vigorosas y con buen desarrollo para la etapa de campo. Una práctica para obtener almácigo a menor costo y con ciertas características, es la técnica de almácigo en tubete. El objetivo de este estudio fue evaluar variables de crecimiento, costo económico y mortalidad de un almácigo de café producido mediante tubetes en tres diferentes sustratos. El ensayo se llevó a cabo en la localidad de El Cerro, Sabanilla de Alajuela durante los meses de abril a septiembre del 2015. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones y tres tratamientos (T), que correspondieron a los sustratos: T1: Peat Moss, T2: suelo + broza de café y T3: suelo + súper tierra + fibra de coco. Las variables de crecimiento analizadas (altura, diámetro del tallo y pares de hojas) presentaron diferencias significativas mediante la prueba estadística LSD Fisher (>0.05); para todas las variables, el comportamiento fue

T1>T2>T3. No hubo pérdidas en plantas para los tres tratamientos, por lo que el porcentaje de mortalidad se mantuvo en cero. No se determinó ninguna diferencia en cuanto a los sustratos, por lo que cualquiera de ellos, puede ser empleado para la elaboración de almácigos tanto por los materiales utilizados así como por el costo de elaboración, el cual en todos los casos es menor al costo promedio de elaboración con otras técnicas. La decisión de cuál de ellos utilizar, dependerá del criterio y la capacidad del productor.

Palabras clave: Café, sustrato, variables, costo económico

Abstract

A key factor in the production of seedlings, is to guarantee a substrate that meets the requirements of texture, structure, fertility and above all health to obtain healthy, vigorous plants and with good development for the field stage. A practice to obtain seedbed at lower cost, is the technique of seedbed in tubete. The objective of this study was to evaluate the growth and mortality of a coffee seedling produced by tubes on three different substrates. The trial was carried out in El Cerro, Sabanilla de Alajuela during the months of April to September 2015. Three substrates corresponding to the treatments were used, T1: commercial Peat Moss, T2: based substrate soil and compost coffee dregs and treatment T3: substrate prepared soil mix, Ever Green super soil and coconut fiber. No difference was determined in terms of substrates, so any of them can be used for the preparation of seedlings. Regarding the costs of processing each plant by substrate, although there were differences, each is below the normal price of Valle Central coffee seedling. The growth variables analyzed (height, stem diameter and leaf pairs) presented differences significant by means of the LSD Fisher statistical test (> 0.05), for all the variables the behavior was T1> T2> T3. There were no losses in plants for the three treatments, so the percentage of mortality always remained at zero. No difference was determined in terms of substrates, so any of them can be used for the production of seedlings both for the materials used, as well as for the cost of processing, which in all cases is less than the cost average processing with other techniques.



The decision of which substrate to use will depend on the criteria and the economic capacity of the producer.

Key words: Coffee, substrate, variables, economic cost

Introducción

El café *Coffea arabica* L. originario de regiones subtropicales de África es uno de los cultivos ampliamente distribuidos por todo el mundo (Osorio, 2002). Actualmente, es una bebida de carácter universal que se produce en más de 50 países y es uno de los productos básicos del mundo que más se comercia. De este fruto depende un porcentaje significativo de familias ya que da sustento a una parte importante de la población mundial (Ramírez, 2007). Se estima que alrededor de unos 25 millones de caficultores y sus familias en el mundo entero, están vinculadas a la producción de este grano, incluida Costa Rica (Sachs, 2019).

Este producto no sólo representa una importante entrada de divisas, sino que es una de las principales fuentes de ingresos en zonas rurales. Hace posible que países agricultores que se dedican a esta actividad, puedan comprar bienes manufacturados lo que estimula la actividad económica interna al otorgar mayor poder adquisitivo (Osorio, 2002). En el caso de Costa Rica, la industria cafetalera contribuyó en el 2018 a un 7.66% del PIB Agrícola, a un 5.58% al PIB Agropecuario y a un 0.27% al PIB nacional. (ICAFE, 2019).

El café como toda explotación agrícola, busca ser una actividad rentable. Uno de los principales problemas es la alta fluctuación en el precio (Torres, 1983), lo que obliga a los productores a realizar cambios en las inversiones y labores requeridas. Tanto los insumos como la mano de obra aumentan año a año, lo que deja pocas opciones al productor. Esta situación obliga al sector cafetalero a implementar nuevas alternativas para producir y minimizar gastos productivos, sin desatender el cultivo y sus necesidades nutricionales y fitosanitarias. La búsqueda de nuevas opciones en cuanto a fertilizaciones, optimización de



aplicaciones químicas y la disminución en los desperdicios de materiales, son prácticas que se promueven actualmente.

Una de las inversiones más elevadas de la caficultura es la renovación de la plantación, en la cual el costo del almácigo representa el insumo más elevado por lo que se buscan nuevas alternativas como lo es la producción de almácigos en tubetes. Esta técnica se comenzó a utilizar en Brasil de manera artesanal y a baja escala; sin embargo, en países centroamericanos como Guatemala y El Salvador, ha tenido muy buena aceptación y ha sido una fuente alternativa de producción de almácigo para autoconsumo. Esto ha permitido al mismo productor, utilizar menos mano de obra e inversión, sembrar el almácigo de forma controlada en áreas pequeñas y cercanas a su finca, reducir la cantidad de insumos a utilizar y la contaminación en campo. Asimismo, posibilita una mejor atención de las plantas y un conveniente manejo de enfermedades ya que produce una mayor cantidad de plantas con mejor aprovechamiento del espacio y en una gama de sustratos (Goyenaga, 2013).

La técnica de almácigos de café en tubetes, ofrece mayores ventajas que producir almácigos en bolsas de polietileno o bajo el sistema de siembra directa al suelo y su posterior poda de raíz. Algunas de estas ventajas están relacionadas con el menor uso de mano de obra y espacio, así como la utilización de una variedad de sustratos. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar las variables, altura, diámetro, número de hojas, así como la mortalidad y costo de producción de almácigos de café con tres diferentes sustratos en la localidad de Sabanilla de Alajuela, Costa Rica.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en la finca del Beneficio Las Peñas (B.L.P) S.A ubicada en la localidad de El Cerro de Sabanilla de Alajuela durante abril a septiembre del 2015. El sistema de producción se ubicó en las coordenadas CRTM-05 475947,526 y 1113125,431 y a una



altura de 1263 msnm (Fallas, 2008) (Figura 1).

De acuerdo con el sistema de zonas de vida, Sabanilla de Alajuela se ubica en el Bosque húmedo Premontano, con una alta humedad, elevación por encima de los 1250 msnm que se caracteriza por presentar vegetación frondosa y verde. Este cantón posee una temperatura y precipitación promedio de 22°C y 2400 mm anuales respectivamente (Holdridge, 1982).



Figura 1. Ubicación del ensayo en el Beneficio Las Peñas (B.L.P) S.A. Calle El Cerro, Sabanilla de Alajuela,. 2015. Fuente: Google Earth, 2020.

Caracterización del sistema de producción

El ensayo se realizó a nivel de invernadero con la utilización de una cobertura aérea de sarán elevado a 2,5 m con postes de madera para evitar posibles quemaduras de tejido y de brotes nuevos por el sol. Se empleó un sistema de microaspersores con un programador de riego



para cubrir las necesidades de humedad, estrés calórico y desecación. Se programó para que supliera las necesidades hídricas del almácigo durante dos veces al día, una a las 6:00 a.m. y otra a las 4:00 p.m. Los tubetes se colocaron en una cama construida con malla tipo ciclón, de 1 m de ancho por 4 m de largo con tubo de hierro galvanizado de 2 pulgadas de diámetro para hacer el marco de la cama. Las patas de la estructura se construyeron a 1 m de altura del suelo (Figura 2).



Figura 2. Detalle de la infraestructura utilizada para la técnica de elaboración de almácigo en tubete. B.L.P, Sabanilla, Alajuela. 2015.

Se utilizaron plántulas de café de la variedad OBATÁ provenientes del ICAFE. Esta es una semilla autorizada por el ICAFE y con un porcentaje de germinación de más del 85%. Esta variedad es de gran interés ya que es reconocida por su alta productividad, además, es altamente tolerante a la roya del café (ICAFÉ, 2011).

Los tubetes utilizados fueron envases plásticos cónicos de color negro, de 18 cm de largo y con un orificio superior de 5 cm y otro en la parte inferior de 1 cm de diámetro. Cada tubete tenía una capacidad de 120 cm³ (volumen total en sustrato) y una vida útil de aproximadamente 15 años (González, 2001). El orificio superior está rodeado por una

"pestaña" o borde que sirve para que el tubete sea suspendido en la cama construida con la malla tipo ciclón, así se evita la reinfestación del sustrato ya tratado (Irigoyen, 1997 b) (Figura 3).



Figura 3. Detalle del tubete plástico (dimensión y forma) para la siembra de las semillas de café. Alajuela, 2017.

Plan de Fertilización

Se utilizó el fertilizante granulado Osmocote® (14-14-14) de lenta y controlada liberación con alto porcentaje de fósforo para desarrollo radicular de las plántulas. La frecuencia de aplicación fue de 1 g por tubete por mes durante los seis meses en que se llevó a cabo el ensayo.

Sustratos evaluados

Se evaluaron tres diferentes sustratos bajo las mismas condiciones ambientales y manejo agronómico. Los sustratos evaluados fueron los siguientes:

- 1) Tratamiento **T1**: El sustrato Peat Moss (turba comercial).
- 2) Tratamiento **T2**: Sustrato elaborado a base de tierra composteada con broza de café.
- 3) Tratamiento **T3**: Sustrato elaborado artesanalmente por los productores (50% tierra de

finca propia, 25% sustrato comercial mejorado “súper tierra” marca Ever Green” y 25% fibra de coco).

Cantidad y distribución de las plantas en el ensayo

El ensayo contó con un total de 75 plantas. Cada tratamiento (sustrato) estuvo compuesto por 25 unidades colocadas en su respectivo tubete. El total de plantas fue distribuido en cinco repeticiones con tres tratamientos para un total de cinco plantas en cada repetición (Figura 4).

T1 T1 T1 T1 T1	T2 T2 T2 T2 T2	T3 T3 T3 T3 T3	Repetición 1
T3 T3 T3 T3 T3	T1 T1 T1 T1 T1	T2 T2 T2 T2 T2	Repetición 2
T2 T2 T2 T2 T2	T3 T3 T3 T3 T3	T1 T1 T1 T1 T1	Repetición 3
T3 T3 T3 T3 T3	T1 T1 T1 T1 T1	T2 T2 T2 T2 T2	Repetición 4
T1 T1 T1 T1 T1	T2 T2 T2 T2 T2	T3 T3 T3 T3 T3	Repetición 5

Donde:

- T1 Peat most
- T1 Sustrato a base de tierra compostada con broza de café
- T1 Sustrato elaborado con 50% tierra, 25% tierra compostada, 25% fibra de coco

Figura 4. Distribución espacial en bloques al azar de cada una de plántulas de café de la variedad OBATÁ utilizadas en el ensayo. Sabanilla, Alajuela, 2015.

Variables por medir

Cada tratamiento (sustrato) estuvo conformado como se mencionó anteriormente por 25 plantas en tubete, las cuales fueron medidas cada 15 días durante los seis meses en que se



llevó a cabo la investigación. Las mediciones comenzaron una vez que las plantas alcanzaron la etapa vegetativa, es decir, cuando cada plántula tenía en promedio entre 4 y 5 cm, con hojas cotiledonales desarrolladas y en crecimiento inicial del primer par de hojas verdaderas. Las variables por medir fueron las siguientes:

- **Altura de la planta.** Esta medición se inició una vez superados los 5 cm aproximadamente, es decir, unos 45 días después del trasplante con la aparición de las hojas verdaderas. Con una cinta métrica, se realizó la medición desde la superficie del sustrato hasta el ápice vegetativo. Adicionalmente, se llevó a cabo un registro fotográfico del proceso de crecimiento de las plántulas.

- **Diámetro del tallo.** El diámetro del tallo se midió a una altura de un 1 cm de la base del sustrato con un calibrador Vernier.

- **Pares de hojas verdaderas.** Una vez que se superaron los 5 cm de altura (altura de inicio del ensayo), se contabilizaron las hojas cotiledonales y pares de hojas producidas por cada planta.

- **Porcentaje de mortalidad.** El porcentaje de mortalidad se realizó con el objetivo de evaluar la eficiencia del almácigo en tubetes y se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Mortalidad (\%)} = \frac{\text{Plantas Muertas} \times 100}{\text{Total Plantas Iniciales}}$$

- **Análisis económico.** Los tres tratamientos fueron considerados por separado y el análisis económico contempló la sumatoria de los gastos en inversiones en los almácigos utilizados durante la investigación. Dentro de los gastos incluidos se consideró la compra de insumos, compra de semilla, mano de obra requerida, infraestructura elaborada (que fue la misma para los tres tratamientos), materiales de sistemas de riego y camas de sostén, compra de tubetes y fertilizante empleado.



Análisis estadístico

Los datos se recopilaban en una hoja de campo y posteriormente se digitaron en el software Excel. Para el análisis estadístico se utilizó el programa InfoStat®, el cual permitió determinar si existieron o no diferencias significativas entre los tratamientos.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, método estadístico recomendado cuando el material es heterogéneo o de diversos tratamientos, lo que permitió agrupar las unidades experimentales de cada tratamiento y estos en bloques completos con todos los tratamientos del ensayo. Una vez interpretados y analizados los datos, se elaboraron gráficos con las variables comparadas y analizadas. Posteriormente, mediante un análisis de varianza se determinó las diferencias entre tratamientos.

Las variables independientes de clima fueron tomadas de los reportes mensuales de la estación meteorológica del ICAFÉ, ubicada en Poás de Alajuela. Los valores de horas luz, fueron tomados del histórico de la estación N°84111 propiedad del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), ubicada en Santa Lucía de Barva de Heredia. Las variables consideradas fueron horas luz, lluvia, humedad relativa y temperatura.

Resultados y discusión

Las variables observadas (altura, pares de hojas, grosor del tallo) presentaron diferencias significativas en los tres tratamientos analizados de acuerdo con la prueba estadística LSD Fisher (>0.05) (Cuadro 1).

En el caso de los valores finales para la variable **altura**, mostraron que el sustrato T1, desarrolló una altura promedio final de 24.0 cm; seguido del T2 con 22.2 cm y, por último, el T3 con 19.1 cm (Cuadro 1). De acuerdo con la prueba estadística LSD Fisher para esta



variable, hubo una diferencia significativa observada entre la altura para los tres tratamientos.

En lo que respecta al **diámetro del tallo**, los resultados mostraron que el sustrato T1, tuvo un promedio final de 3.7 mm; seguido del sustrato T2 con 3.3 mm y, por último, el T3 con 3.0 mm. Según la prueba estadística LSD Fisher para esta variable, los tratamientos T1 y T3 presentaron diferencias estadísticamente significativas, mientras que el T2 no presentó diferencias significativas con respecto al T1 y el T3 (Cuadro 1).

Los resultados obtenidos en la producción de **pares de hojas** mostraron que el sustrato T1 desarrolló un promedio final de 9.0 pares de hojas, seguido del sustrato T2 con 8.0 y, por último, el T3 con 7.0 pares de hojas. Según la prueba estadística LSD Fisher, para esta variable, los tres tratamientos presentaron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 1).

Tabla 1. Resultados finales para las variables de crecimiento: altura (cm), diámetro (mm) y pares de hojas. Sabanilla de Alajuela, 2015.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Pares de hojas
T1: Peat Moss	24.0 (a)	3.7 (a)	9.0 (a)
T2: Suelo + Broza	22.2 (b)	3.3 (a, b)	8.0 (b)
T3: Suelo + Súper Tierra + fibra Coco	19.1 (c)	3.0 (b)	7.0 (c)

Letras diferentes en cada columna indican que hubo diferencias significativas para la variable altura según la prueba estadística LSD Fisher (>0.05).

De acuerdo con Irigoyen (1997), el tratamiento de siembra en almácigo y trasplante a bolsa (sistema tradicional) va a presentar una leve ventaja (no significativa) sobre la técnica en tubete en cuanto a la altura de la planta, debido principalmente a que este último, tiene menor volumen de sustrato. No obstante, en este ensayo se encontraron diferencias significativas en las variables analizadas (Tabla 1).



Asimismo, González (2001), Herrera *et al.* (2015) y Mamani (2013) coinciden al afirmar que, no se observó ninguna diferencia estadística entre plantas producidas con sistema tradicional (trasplante en bolsa) y tubete ya que, en este último no se produjo ningún atraso en crecimiento de las plántulas de café, por lo que podrían estar listas para su posterior trasplante 6 meses después de iniciado el proceso de siembra. No obstante, dejar plantas en tubete por un tiempo más prolongado al recomendado que es de entre 5 a 6 meses, podría provocar retrasos en el crecimiento debido a la falta de espacio dentro del tubete que no permitiría el crecimiento radicular no así en bolsa, donde sí tendría más espacio para crecer.

Adicionalmente, estudios realizados por Mamani (2013) concuerdan con los reportados anteriormente ya que tampoco encontró diferencias significativas al estimar diferentes variables de respuesta de las plántulas como altura, número de hojas, grosor del tallo y pares de hojas.

El sustrato T1: Peat Moss, favoreció el mayor crecimiento general de las plantas en todas las variables analizadas ya que fue el que permitió a la planta expresar un mayor vigor de crecimiento y desarrollo. Asimismo, presentó el menor grado de compactación por riego, además su peso y textura posibilitó la extracción del adobe del tubete para el momento de la siembra definitiva. Si bien el costo por planta para el T1 fue el más alto de los tres sustratos, se mantiene por debajo del precio del mercado.

En el caso del sustrato T2 y el sustrato T3, presentaron crecimientos menores que el T1 en todas las variables analizadas. El grado de compactación del adobe fue mayor (en ambos sustratos) y la extracción de este requirió de un mayor cuidado. A pesar de esta desventaja, se logró constatar que, los materiales utilizados en los tratamientos T2 y T3 aparte de que son 46 % y 58% más económicos que el T1 respectivamente, podrían ser utilizados con la incorporación de un sistema de riego por goteo fino, que evite la compactación y minimice el efecto del golpe de la gota, especialmente durante los meses de lluvia.



La textura resultante de los tres sustratos empleados presentó características muy diferentes entre sí. Así por ejemplo, el T1 mostró una textura suave, permeable, con buen drenaje y aireación, lo que permitió un adecuado crecimiento radicular, una humedad constante en el tubete y una apropiada incorporación del fertilizante. En el caso del T2, presentó una textura arcillosa, impermeable y poco favorable para el crecimiento del sistema radicular, lo cual limitó la humedad, el drenaje y la incorporación del fertilizante. Finalmente, el T3 presentó igualmente que el T2 una textura arcillosa, impermeable al riego y una dureza que quizás atrasó el crecimiento radicular y general de la planta, razón por la cual pudo afectar la competencia por luz, espacio, y limitó el desarrollo final (Figura 5).



Figura 5. Altura final promedio de las plantas de almácigo de café. Tratamientos: T1, T2 y T3.

De acuerdo con Martínez (2005), los sustratos inertes y textura suave facilitan la absorción de nutrientes, aumentan su disposición para la planta al momento de requerirlos, lo que resulta en plantas vigorosas y sanas con una aceptable biomasa radicular, alto desarrollo y mayor capacidad al trasplante, condición que se observó en el T1, no así en los tratamientos T2 y T3. Las diferencias en la textura de cada sustrato y sus efectos sobre la compactación,

el desarrollo radicular, mantenimiento de humedad y disposición de fertilizantes, afectaron el desarrollo general de las plantas y las variables analizadas sin llegar a causar pérdidas (mortalidad) de individuos.

La materia orgánica y su descomposición en cada uno de los tratamientos cumplió un papel importante en la nutrición inicial de las plantas de café. Salamanca (2008), señala que la materia orgánica favorece la humedad, flujos de aire, capacidad de intercambio catiónico (CIC), capacidad buffer y el crecimiento y desarrollo inicial de la raíz. Según lo que se observó en el ensayo, este componente permitió una mejor estructura del suelo, humedad y aireación en el T1, y en menor grado en los tratamientos T2 y T3 debido quizás a las mezclas con que fueron elaborados. Esta condición quizás se dio a la cantidad y proporción de otros elementos empleados en la confección, que no permitieron sustratos con las características como las del T1.

Con respecto al fertilizante granulado de lenta liberación (Osmocote® 14-14-14) que se incorporó a los tratamientos, presenta una disponibilidad que depende de la temperatura y humedad del suelo y crecimiento de la planta (IFA, 2002). Se observó que el T1 presentó una mejor textura y retención de humedad producto de los elementos utilizados para su elaboración, lo que favoreció una mayor producción de hojas y mayor área fotosintética que, finalmente incidió en el crecimiento de la raíz y absorción de nutrientes. En estudios realizados por Blandón (2008) concluyó que, el factor más significativo en el establecimiento de almácigos de café en tubetes llenados con distintos sustratos y fertilizaciones diferentes, fue la aplicación del fertilizante de liberación controlada Osmocote®.

El aumento del área foliar de una planta es de gran valor para su desarrollo (Figura 6). Gran parte de los insumos y nutrientes se aplicaron vía foliar y si se considera su desempeño en la capacidad fotosintética de la planta, esta variable y sus diferencias obtenidas son de gran interés. Asimismo, el área fotosintética favorece el vigor de la planta, para afrontar el desarrollo en etapa de almácigo, aumentar su capacidad para soportar el periodo de trasplante,



condiciones ambientales; y finalmente, la llegada a etapa adulta y productiva.



Figuras 6. Avance cronológico en el desarrollo de pares de hojas en los tratamientos utilizados para el ensayo. A. Par de hojas cotiledonales en el tratamiento T1. B. Desarrollo del primer par de hojas verdaderas, tratamiento T2; C y D. Plantas del tratamiento T3 a los 3 meses de edad. Sabanilla, Alajuela. 2015.

Mortalidad de plantas

Durante todo el desarrollo del ensayo, la mortalidad se mantuvo en un 0%, por lo que no se

requirió de una sustitución de plantas al final de la investigación. Dicho porcentaje mortalidad permitió tener la totalidad de plantas vivas para trasplantar. El producir los almácigos dentro de tubetes y no directamente en el campo, disminuye la afectación por hervivorismo y por la infección de fitopatógenos (Mamani, 2013). La disminución en la mortalidad permite que los agricultores productores de almácigo puedan utilizar mayor cantidad de estas plantas para autoconsumo.

De acuerdo con Delgado (2010), en la etapa de almácigo el porcentaje de mortalidad debido a las técnicas de poda de raíz y siembra en bolsa es de un 30%. Las principales causas son la mala distribución de aguas, daños por plagas, la sequía o el estancamiento hídrico del sustrato junto con la poca ventilación. Asimismo, las condiciones mencionadas anteriormente, favorecen la incidencia de patógenos como (*Cercospora coffeicola*), conocido hongo que afecta la cobertura foliar de las plantas y el mal del talluelo (*Rhizoctonia solani*) que provoca una constricción del hipocótilo.

Otro factor que puede perjudicar la mortalidad y el desarrollo de los almácigos en bolsa o en tubete son los nematodos (principalmente de los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus*) y las cochinillas, las cuales suelen ser un problema de menor incidencia que pueden ser manejadas mediante un control sanitario. No obstante, en el caso de nematodos, muchas veces no se conoce con claridad el daño que ocasionan, ya que el productor no acostumbra como práctica o rutina, realizar análisis nematológicos para conocer el estado de su almácigo (Peraza, 2017, comunicación personal).

Costos de producción del almácigo

Una vez cuantificados los costos en materias primas de los sustratos, así como la cantidad de fertilizante aplicado, tubetes y mano de obra requerida, el tratamiento con mayor costo final por planta en tubete fue el T1 con ¢130 colones, seguido del T3 con ¢75.0 colones y por último, el T2 con ¢60.0 (Cuadro 2). El T2 fue el de menor costo económico, debido a que los



insumos utilizados para su elaboración (broza de café y suelo) provienen del beneficiado del café más la incorporación de suelo. Estos insumos tienen un precio de venta de ₡2500,00 colones el saco de 45 kilos y para el productor como socio, el beneficio recolector de café facilita su adquisición sin incurrir en gastos extras.

Tabla 2. Costo económico en colones (₡) final por tubete para cada tratamiento. Sabanilla de Alajuela, 2015.

Tratamiento	Costo (₡)
<i>T1: Peat Moss</i>	₡ 130.0
<i>T2: Suelo + Broza</i>	₡ 60.0
<i>T3: Suelo + Súper Tierra + fibra Coco</i>	₡ 75.0
Almácigo con poda de raíz o en bolsa*	₡280 a ₡325

*Precio promedio en almácigos de este tipo producidos en el valle central.

La cantidad de materiales de los sustratos por tratamiento fue medido en unidades de peso y no en unidades de volumen como normalmente se realiza en almácigos en bolsa. Se realizó de esta manera, debido a la baja cantidad de insumos que se requerían y porque las materias primas fueron adquiridas en kilogramos. Por otra parte, se quería constatar la capacidad del tubete en gramos y no en volumen según la cantidad de material a utilizar. La capacidad del tubete en el T1 (Peat Moss) mostró una diferencia con respecto a los otros sustratos, ya que se adicionó suelo a la mezcla y finalmente fue más pesado. El suelo que se incorporó tanto en el T2 y T3, generó diferencias en el rendimiento del sustrato y en la cantidad de tubetes que se obtuvieron por kilogramo de mezcla.

Un tubete a su máxima capacidad con el sustrato T1, tuvo una capacidad de 92.0 g mientras que para los tubetes de los sustratos T2 y T3, que utilizaron básicamente suelo, broza y fibra de coco fue de 145.0 g. Esta diferencia generó que por kilogramo de sustrato Peat Moss, se llenaran 11.0 tubetes, a diferencia de los otros sustratos en los cuales únicamente se logró llenar 7.0 tubetes, es decir, una diferencia de 4.0 tubetes más con respecto al Peat Moss.



Al considerar las diferencias económicas entre los sustratos, también se debe tener en cuenta las desigualdades de crecimiento fisiológico de las plantas, la disponibilidad de los sustratos y la capacidad de mano de obra disponible. Al elegir correctamente en cada uno de los criterios señalados, permite seleccionar la mejor opción para elaborar el almácigo y no elegir el sustrato únicamente por una apreciación de menor costo. Es recomendable tener presente que el T3 al incorporar un 75% de suelo, presentó una mayor compactación y menor permeabilidad por lo que podría estar relacionado con un retardo el desarrollo radicular y general de las plantas, debido a la falta de mantenimiento de humedad.

El tratamiento con mejores resultados fue el sustrato T1, que a pesar de ser en costos económicos el más elevado con respecto a los T2 y T3, aún está por debajo del valor de mercado y fue el tratamiento que mostró el mejor efecto en cuanto a las variables evaluadas. Además, el T1 tiene la ventaja de ser fácil de trasplantar y se reducen los riesgos de posibles problemas con nematodos y hongos gracias a su tratamiento e inocuidad comercial. No obstante, aunque los sustratos T2 y T3 demandan gasto de tiempo, mano de obra en buenas prácticas agrícolas y más cuidado fitosanitario que el T1, la inversión en ambos sustratos está también por debajo del costo de almácigo con poda de raíz o en bolsa, que oscila entre los ¢280 a ¢325 colones por planta a diferencia del T1 que fue de ¢ 130, el T2 ¢ 60 y T3 ¢ 75. El criterio de selección de qué sustrato a utilizar queda estrictamente en manos del productor, de acuerdo con su capacidad económica y disponibilidad de mano de obra.

Conclusiones y recomendaciones

Con el uso de tubetes a diferencia del sistema tradicional de almácigo en bolsa, se logra disminuir el tiempo de las plántulas en viveros, se reduce el costo de la mano de obra en un 30% y de los principales insumos utilizados como por ejemplo fertilizantes, insecticidas y sustratos. También se ha demostrado que, con el tubete se puede aumentar la eficiencia de la actividad, ya que al ocupar menos volumen se obtienen un mayor número de plantas por área.



De acuerdo con Goyenaga (2013), para producir 4000 plantas de café con la técnica de bolsa, se necesitarían 175 m² de espacio a diferencia del tubete en el cual únicamente se ocuparían 60 m², es decir, un 34% menos de espacio con la técnica de bolsa.

En lo que respecta al número de plantas por m², en bolsa se podrían colocar 23 plantas versus 67 en tubete. Asimismo, en tubete se pueden movilizar más cantidad de ellos de un sitio a otro que las bolsas de polietileno las cuales inclusive, pueden llegar a ser un problema de contaminación si no se les da un tratamiento adecuado. Finalmente, el tubete tiene una vida útil de hasta siete años por lo que se puede utilizar nuevamente (Goyenaga, 2013).

En cuanto a las variables climáticas (temperatura, humedad, horas luz y precipitación), se determinó que estas no afectaron el desarrollo del almácigo ya que permanecieron dentro de los promedios mensuales y anuales reportados para esta zona. Además, la utilización de riego en el ensayo permitió la humedad permanente de las plantas en todos los bloques del ensayo; sin embargo, como se mencionó anteriormente, algunos materiales utilizados como sustrato mostraron cierta compactación. Aunque no hubo mortalidad de plantas, esta condición podría haber afectado la textura del sustrato, el desarrollo radicular, mantenimiento de la humedad y la disposición de los fertilizantes.

Se recomienda que el productor inicie con la preparación del almácigo en tubete entre los meses de noviembre a diciembre, con el objetivo de que las plantas nuevas estén listas para el trasplante en el mes de mayo, época que coincide con el inicio de las lluvias y permita que las plantas soporten mejor el estrés del cambio y adaptación al campo. Finalmente, se aconseja la utilización de cualquiera de los sustratos para la elaboración de almácigos en tubete; no obstante, cuál de ellos utilizar dependen de la capacidad económica y disponibilidad de mano de obra del productor.



Referencias

- Blandón, J. (2008). Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 20 p.
- Delgado, L. (2010). Las buenas prácticas en el manejo y cuidado del almácigo de café. Guatemala. Consultado el 16 de Julio del 2015. Recuperado de <http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/articulos/las-buenas-practicass-manejo-t2814/078-p0.htm>
- Fallas, J. (2008). Proyecciones cartográficas y datum. Universidad Nacional. Escuela de ciencias ambientales. Heredia Costa Rica.
- González, A. (1998). Diagnóstico de la competitividad de la industria del café en Costa Rica. (en línea). Consultado el 17 de agosto del 2014. Recuperado de <http://www.incae.edu/ES/clacds/publicaciones/pdf/cen550.pdf>
- González, D. (2001). Comparación entre la bolsa y el "cono macetero" o "tubete" en la producción de plantas de café. Tesis de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 30 p.
- Goyenaga, R. (2013). Producción de almácigo en tubetes. Ministerio de Agricultura y ganadería. Hoja divulgativa N°7.
- Gutiérrez, R.E.G. y Muñoz, C.M.J. (2010). Evaluación de tres sistemas de preparación de almácigos de café (*Coffea arabica*) var. Caturra. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 18p.



Herrera, J., García, H., y Ure, L. (2015). Comportamiento de plantas de café en bolsas y tubetes. Estado de Lara. Venezuela. Revista Electrónica Conocimiento Libre y Licenciamiento (CLIC), Mérida, Venezuela. 9(6): 132-139.

Holdridge, L. (1982). Ecología basada en zona de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, CRC.

ICAFÉ. (Instituto del Café de Costa Rica). (2011). Guía Técnica para el Cultivo del café. Instituto del Café de Costa Rica Heredia, Costa Rica.

ICAFÉ. (Instituto del Café de Costa Rica). (2019). Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. Instituto del Café de Costa Rica Heredia, Costa Rica. 110 p.

IFA (Asociación Internacional de la Industria de los fertilizantes). (2002). Los fertilizantes y su uso. Consultado 2 de julio de 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>

InfoStat® versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>. Consultado 13 noviembre de 2011.

Irigoyen, J. N. (1997). Producción de viveros de café en "tubetes" o "conos maceteros". Boletín Técnico. PROCAFE, Nueva San Salvador, El Salvador.

Mamani, J.R.R. (2013). Evaluación de dos variedades de café (*Coffea arabica* L.) bajo tres formas de producción en vivero en la Estación Experimental de Sapecho, La Paz. Tesis Grado. La Paz, Bolivia. 92 p.

Martínez, A. R. (2005). Evaluación de diferentes sustratos, empleando la técnica del tubete



para producir plántulas de café (*Coffea arábica* L.) var. Catuaí, en etapa de vivero, finca Monte María, San Juan Alotenago, Sacatepequez. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. 67 p.

Osorio, N. (2002). The global coffee crisis: a threat to sustainable development. Submission to the World Summit on Sustainable Development, Johannesburg, August 2002 by Néstor Osorio, Executive Director of the International Coffee Organization. International Coffee Organization (ICO), Johannesburg, South Africa, p. 4.

Peraza, W. (2017). Comunicación personal. 14 de octubre de 2017.

Ramírez, B.F. (2017). El café en el consumo humano. Consultado 13 noviembre de 2018. Disponible en <http://www.elportaldelasalud.com/el-cafe-en-el-consumo-humano/>

Sachs, J.D. (2019). II foro mundial de productores de café apuesta por ingreso digno para los caficultores. Consultado 12 octubre de 2019. Disponible en <https://federaciondecafeteros.org/>

Salamanca, J. A. (2008). Almacigos de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica. Cenicafe, Colombia.

Torres, E. y Ramírez, M. (1983). *Modalidades de la transición al capitalismo agrario en Costa Rica*. Vol 6.

