

10

EVALUACIÓN

**DE SUSTRATOS ORGÁNICOS PARA LA PROPAGACIÓN
ASEXUAL DE CAÑA DE AZÚCAR (*SACCHARUM
OFFICINARUM*) DESDE LA MAESTRÍA DE AGROECOLOGÍA DE
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

EVALUACIÓN

DE SUSTRATOS ORGÁNICOS PARA LA PROPAGACIÓN ASEJUAL DE CAÑA DE AZÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARUM*) DESDE LA MAESTRÍA DE AGROECOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

EVALUATION OF ORGANIC SUBSTRATES FOR THE ASEJUAL PROPAGATION OF SUGAR CANE (*SACCHARUM OFFICINARUM*) FROM THE MASTER OF AGROECOLOGICAL OF THE STATE TECHNICAL UNIVERSITY OF QUEVEDO

Manuel Benjamin Suquilanda-Valdivieso¹

E-mail: suquilandavaldivieso@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5764-7435>

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Suquilanda-Valdivieso, M. B. (2024). Evaluación de sustratos orgánicos para la propagación asexual de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) desde la Maestría de Agroecología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. *Revista Mexicana de Investigación e Intervención Educativa*, 3(1), 76-84.

RESUMEN

En el Ecuador no existe la venta comercial de plantas orgánicas certificadas de caña de azúcar de la variedad @POJ, pero por las exigencias de las normativas y la no disponibilidad de este tipo de plantas, se requiere realizar la propagación utilizando materiales locales para la preparación del sustrato, que debe ser orgánico, lo que se logra utilizando materiales propios que se encuentran en las fincas de los productores. El objetivo de esta investigación fue evaluar ocho sustratos orgánicos, elaborados con materiales locales para la propagación asexual de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en las condiciones agroecológicas de la Asociación Flor de Caña, ubicada en el recinto La Florida, parroquia Palo Quemado, cantón Sigchos, provincia Cotopaxi. Los sustratos evaluados se constituyeron a base de musgo sphagnum, bagacillo de caña y tierra de bosque, como testigo se utilizó turba comercial. El material de propagación estuvo constituido por yemas seleccionadas de los lotes de caña de orgánica certificada de la variedad POJ. El manejo del vivero se realizó aplicando prácticas agronómicas permitidas por la normativa orgánica. El mejor sustrato evaluado fue bagacillo de caña más tierra de bosque en proporción 1:1, que, a más de mostrar los mejores resultados agronómicos, fue el más económico. Los principales aportes obtenidos en este estudio fueron aplicados en la asignatura Manejo Agroecológico de Suelos en la Maestría en Agroecología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Palabras clave:

Sustrato orgánico, plantas orgánicas de caña de azúcar, reproducción asexual, manejo agroecológico de suelos.

ABSTRACT

In Ecuador there is no commercial sale of certified organic sugar cane plants of the @POJ variety, but due to the requirements of regulations and the non-availability of this type of plants, propagation is required using local materials for preparation. of the substrate, which must be organic, which is achieved using own materials found on the producers' farms. The objective of this research was to evaluate eight organic substrates, made with local materials for the asexual propagation of sugar cane (*Saccharum officinarum*) in the agroecological conditions of the Flor de Caña Association, located in the La Florida campus, Palo Quemado parish, canton Sigchos, Cotopaxi province. The evaluated substrates were made up of sphagnum moss, cane bagasse and forest soil, commercial peat was used as a control. The propagation material consisted of buds selected from batches of certified organic cane of the POJ variety. The management of the nursery was carried out applying agronomic practices permitted by organic regulations. The best substrate evaluated was cane bagasse plus forest soil in a 1:1 ratio, which, in addition to showing the best agronomic results, was the most economical. The main contributions obtained in this study were applied in the subject Agroecological Soil Management in the Master's Degree in Agroecology of the State Technical University of Quevedo.

Keywords:

Organic substrate, organic sugarcane plants, asexual reproduction, agroecological soil management.

INTRODUCCION

En La Asociación Flor de Caña, sus asociados/as se dedican al cultivo de caña de azúcar con certificación orgánica, por lo cual deben registrarse por las normativas vigentes; y procesos que respondan a esta forma de producción en cuyo contexto los insumos y materias primas deben ser de origen natural y/o certificados (Consejo de la Unión Europea, 2007).

En el Ecuador no se producen plantas de caña de azúcar de la variedad POJ con certificación orgánica, tampoco se distribuye sustratos orgánicos certificados para propagación asexual requisito para establecer un cultivo orgánico, por lo que es necesario elaborar sustratos con materiales de la zona y que provienen de lotes certificados. Para la propagación de la caña de azúcar se utilizan sustratos para su enraizamiento y la obtención de plantas (Rangel-Estrada et al., 2016), estos deben tener la característica de orgánico, que se logra con la compra de un sustrato certificado o la preparación con materiales propios que se encuentran en las fincas de los productores. A falta de un sustrato comercial la única opción es la preparación de sustratos en la misma finca. De acuerdo a la normativa orgánica (AGROCALIDAD, 2013) Artículo 15. Del uso de semillas, plántulas y material de propagación en el literal a) señala que *“las semillas, plántulas y material de propagación vegetativa destinadas a la producción orgánica deben haber sido producidas en forma orgánica desde la siembra conforme a lo establecido en el Instructivo”*.

En la zona donde se realizó la presente investigación existe material que proviene de lotes certificados como el musgo sphagnum que posee una gran capacidad de absorción de agua (*Sphagnum magellanicum* Brid). Se conoce que la biomasa fresca de Sphagnum constituye la alternativa más prometedora al uso de turba en los sustratos, pues presenta propiedades físicas y químicas similares a la turba rubia (Gaudig et al., 2018).

El término “sustrato”, que se aplica en la producción de plantas en condiciones de vivero, se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que, colocado en un contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular (Pastor, 1999); el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada (Acosta Durán & Acosta-Peñaloza, 2018). Esto último, clasifica a los sustratos en químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.) y químicamente activos (turbas, corteza de pino, etc.). En el caso de los materiales químicamente inertes, éstos actúan como soporte de la planta, mientras que en los restantes intervienen además en procesos de adsorción y fijación de nutrientes (Cruz et al., 2010). También se tiene el bagacillo producto de la molienda de la caña certificada que es otro excelente material para sustrato de propagación (León-Martínez et al., 2013).

Para la realización de esta investigación, se planteó la siguiente hipótesis: la utilización de sustratos elaborados con materiales orgánicos locales en la propagación asexual, permitirá obtener plantas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) que cumplan con la normativa orgánica”, siendo el objetivo general: evaluar sustratos orgánicos, elaborados con materiales locales para la propagación asexual de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en las condiciones agroecológicas de la Asociación Flor de Caña, cantón Sigchos, provincia Cotopaxi.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Asociación “Flor de caña” ubicada en el recinto la Florida, parroquia Palo Quemado, cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi (PDYOT Palo Quemado, 2015), entre las coordenadas: X: 728216.00 m E; Y: 9956230.00 m S, zona 17 M. (localización GPS).

Para la implementación del ensayo, se utilizaron: 82 kg de musgo (*Sphagnum magellanicum*), 247 kg de tierra de bosque, 92 kg de bagacillo de caña de azúcar, 1080 yemas seleccionadas de caña de azúcar variedad POJ orgánica certificada, 1 sierra eléctrica, 2 cubetas perforadas, 1060 fundas de polietileno negro 20 x 7 cm, 2 kg de ceniza de bagazo de caña de azúcar orgánica.

Se utilizaron ocho tratamientos elaborados a base de la mezcla de materiales locales: musgo Sphagnum, bagacillo de caña y tierra de bosque. T1 Musgo 100 %, T2 Bagacillo 100%, T3 Tierra de bosque 100%, T4 Musgo + bagacillo 1:1, T5 Musgo + tierra de bosque 1:1, T6 Bagacillo + tierra de bosque 1:1, T7 Musgo + bagacillo + tierra de bosque 1:1:1, T0 Turba rubia (Testigo).

Se aplicó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con ocho tratamientos y tres repeticiones, para un total de veinticuatro unidades experimentales. Características del área experimental: Las características del área del ensayo, se señalan a continuación:

Área del ensayo: 100 m², Área de un tratamiento (parcela) 1m², Numero de tratamientos: 8, Número de repeticiones: 3, Número total de parcelas: 24, Número de plantas totales para la investigación: 1008, Número de plantas totales por tratamiento: 42, Número de plantas de la parcela neta: 20.

Variables dependientes: las variables propuestas se citan a continuación: días a la emergencia, Porcentaje de emergencia, Incidencia y severidad de plagas y/o enfermedades, Incidencia de plagas, Severidad de plagas, Incidencia y severidad de enfermedades. Número de días al trasplante, Diámetro ecuatorial basal, Porcentaje de prendimiento (mortalidad), Porcentaje de plantas viables

Variables independientes: las variables independientes fueron: sustratos orgánicos, Manejo del vivero, variedad de caña de azúcar

Se seleccionaron cañas homogéneas en cuanto a grosor, sanidad y presencia de yemas vigorosas a las que se sometió a un proceso de limpieza. De las cañas seleccionadas y cosechadas se seleccionó las mejores yemas (aproximadamente seis por caña) de una pulgada de diámetro cada una utilizando para su extracción una sierra eléctrica, luego se desinfectaron los cortes utilizando una pasta elaborada a base de ceniza y agua.

Respondiendo a las especificaciones previstas, los sustratos se mezclaron de forma manual, se desinfectaron utilizando vapor de agua durante 60 minutos y se colocaron luego en fundas de polietileno cuyas dimensiones eran de 20 x 7 cm, mismas que recibieron una cantidad aproximada de sustrato de 700 cc por funda.

De cada uno de los sustratos elaborados se envió una muestra al Laboratorio, con el propósito de evaluar las características físico-químicas, densidad real, porosidad, retención de agua y pH, de cada uno de ellos. Se procedió a la siembra de yemas seleccionadas y desinfectadas colocando estas hacia la parte superior (arriba), a una profundidad de 3 cm del nivel del sustrato.

Durante la investigación se realizó dos veces el control de malezas de los caminos en forma manual, no se realizaron riegos ya que coincidió en época lluviosa. Se registraron los datos de las variables evaluadas en el libro de campo.

Los días de emergencia: se contaron teniendo en cuenta los días transcurridos desde la siembra de las yemas hasta la emergencia del 50% de cada una de ellas en la parcela neta. Porcentaje de emergencia: se contaron las yemas emergidas a los 15 días y se aplicó la siguiente fórmula: $%e = (NYE/NYS) * 100$. Donde: %e= Porcentaje de emergencia, NYE: Número de yemas emergidas y NYS: Número de yemas sembradas.

Al final de la investigación se monitoreó el vivero a fin de detectar la presencia de al menos tres plagas en cualquiera de los estados (adulto, huevo, larva y pupa), se identificaron las plagas encontradas y su incidencia se calculó utilizando la siguiente fórmula: $%I = (NPI/NPS) * 100$. Donde: %I= Porcentaje de incidencia, NPI= Número de plantas infestadas, NPS= Número total de plantas de la parcela neta (20). Severidad de plagas: una vez que se verificó el daño causado por cualquiera de los cuatro estados larvales (adulto, huevo, larva, pupa), se determinó el área tanto foliar como del tallo y en base a esto se midió el área afecta. Para el cálculo de la severidad del ataque de los insectos plaga se aplicó la fórmula: $%S = (AFI/AFT) * 100$. Donde: %S= Porcentaje de severidad, AFI= Área foliar infestada AFT= área foliar total.

Para evaluar la incidencia y severidad de las enfermedades que se presentaron, se aplicó la misma metodología prevista para los insectos plaga. Se contó el número de días transcurridos desde la siembra de las yemas de caña de azúcar hasta que la planta tuvo cuatro hojas, que

es un indicador que muestra que la planta está lista para ser trasplantada en el terreno definitivo para su cultivo.

El mismo día que se determinó los días al trasplante, se procedió a medir el diámetro ecuatorial basal utilizando para el efecto un calibrador "pie de rey". Se expresó en milímetros. Se contaron las plantas que lograron permanecer vivas hasta la determinación de que estaban aptas para el trasplante. Para calcular el porcentaje de prendimiento se utilizó la siguiente fórmula: $%P = (NPV/NPT) * 100$. Donde: P= Porcentaje de prendimiento, NPV= Número de plantas vivas, NPT= Número de yemas sembradas (20).

Se determinó bajo los siguientes parámetros visuales: color verde característico, tamaño entre 20-50 cm, vigorosidad robusta, estado fitosanitario (sin sintomatología de infección e infestación) número de hojas cuatro.

Para la interpretación de los datos obtenidos se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey al 5% para las variables que resultaron significativas al 1% en el ANOVA. El software utilizado fue Infostat 2019 versión estudiantil, y el ordenamiento de datos en Excel 2019.

RESULTADOS Y DISCUSION

Días a la emergencia. - El análisis de varianza (adeva) para esta variable encontró que para tratamientos y repeticiones no existían valores significativos, lo que indica que no hay diferencia entre los sustratos aplicados para la propagación de caña de azúcar elaborados a base de bagacillo de caña de azúcar, musgo Sphagnum, tierra de bosque y turba rubia que fue el testigo, pues tuvieron igual comportamiento en el número de días que se demoraron en emerger.

Porcentaje de emergencia. - El adeva realizado para la variable porcentaje de emergencia establece que no existe significación estadística entre tratamientos y las repeticiones, al igual que en los días a la emergencia, el porcentaje estadísticamente no tuvo diferencia por lo que la utilización de los sustratos bagacillo de caña de azúcar, musgo Sphagnum, tierra de bosque y turba tienen el mismo comportamiento en cuanto al porcentaje de plantas emergidas.

Incidencia de plagas. - Los valores calculados para el análisis de varianza, señalan que no existe diferencia estadística entre repeticiones y tratamientos, la presencia de plagas sobre el vivero de plántulas de caña de azúcar tuvo una incidencia muy baja con el 7,10% y su afectación fue indistinta al tipo de sustrato utilizado.

Severidad de plagas. - El análisis de la varianza para la variable severidad de plagas muestra así mismo valores no significativos para repeticiones y tratamientos, similar a la incidencia, la severidad del daño ocasionado en la planta de caña de azúcar fue mínima con un promedio del 0,30% . La plaga identificada fue el barrenador (*Diatraea saccharalis*).

Incidencia de enfermedades. - El análisis de varianza para la variable incidencia de enfermedades, establece que no hay significación estadística entre repeticiones y tratamientos, la presencia de enfermedades en el vivero no tuvo mayor incidencia teniendo un valor promedio de 6,34%. Las enfermedades que se presentaron fueron de carácter fisiopático.

Severidad de enfermedades. - el análisis de varianza, para esta variable muestra no significación estadística para repeticiones y tratamientos, en la toma de datos se identificó enfermedades de tipo fisiopático. La sintomatología observada en cada planta tuvo un porcentaje del 0,24% promedio en todos los tratamientos.

Número de días al trasplante. - para la variable días al trasplante, no se detectó diferencia significativa, pero para tratamientos si se encontró que hay diferencia altamente significativa. El promedio es de 43,63 días con un coeficiente de variación del 3%. De los resultados obtenidos se aprecia que los

diferentes sustratos aplicados para la propagación asexual de la caña de azúcar si tuvieron diferencia; por lo que el bagacillo de caña, el musgo Sphagnum, la tierra de bosque y el testigo utilizado turba, influenciaron en cuanto a los días para el trasplante, existiendo unos tratamientos más precoces que otros.

Realizada la prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable número de días al trasplante, se encontraron dos rangos de significación, en el primero se tiene al T6: Bagacillo + tierra de bosque 1:1 y T5: Musgo + tierra de bosque 1:1 con valores de 42,87 y 41,57 días respectivamente; en tanto que los tratamientos más tardíos fueron T1: Musgo 100% y T3: Tierra de bosque 100% con 45,81 y 46,28 días respectivamente, existiendo una diferencia de cinco días aproximadamente entre el más precoz y el tardío.

De los resultados de la prueba de Tukey al 5%, se puede concluir diciendo que los tratamientos a base de bagacillo de caña de azúcar y musgo Sphagnum en mezcla con tierra de bosque en proporciones 1:1, fueron los más precoces.

De acuerdo al análisis físico-químico realizados a los sustratos, el bagacillo muestra valores altos de retención de agua y porosidad y bajas densidades, lo que contribuye a la conservación de la humedad, mantenimiento de la porosidad del sustrato y en combinación con la tierra de bosque que de acuerdo al análisis tiene baja conductividad eléctrica, aporta macro y micronutrientes lo que resulta como la mezcla ideal para la propagación asexual de la caña de azúcar, aportando las condiciones físicas y químicas óptimas para el desarrollo de las plantas, estos resultados concuerdan con Galindo-García et al. (2012), que refieren que la tierra de bosque, es un excelente sustrato con altos contenidos de nutrientes y presencia de micorrizas, lo que favorece el buen desarrollo de las

plantas en vivero. Villarroel et al. (2003), establecen que el musgo Sphagnum tiene absorción y retención de agua, y que utilizado en viveros y en mezcla con el suelo, aumenta la capacidad de retención de agua.

Altura de plantas. - El análisis de varianza realizado para la variable altura de plantas, no establece significación estadística para repeticiones, pero para tratamientos es altamente significativo. El promedio fue de 42,05 con un coeficiente de variación del 3,08%. El adeva señala que el uso de diferentes sustratos en la propagación de caña de azúcar si provoco diferencia en cuanto a la altura, determinando que en unos sustratos las plantas crecieron más que en otros.

Realizada la prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable altura de plantas se tienen cuatro rangos de significación, siendo el mejor tratamientos T6: Bagacillo + tierra de bosque 1:1 con un promedio de 46,43 cm de altura, comparte el rango con los tratamientos T5: Musgo + tierra de bosque 1:1 y T7. Musgo + bagacillo + tierra de bosque 1:1:1 con 44,69 y 42,82 cm respectivamente, en tanto que la menor altura de planta obtuvo el tratamiento T3: Tierra de bosque 100% con 38,03 cm. La diferencia entre el más alto y corto fue de 8,4 cm.

Los sustratos utilizados para la propagación asexual de la caña de azúcar tuvieron diferentes comportamientos en cuanto a la altura, el que alcanzó mayor altura fue la mezcla de bagacillo de caña de azúcar con tierra de bosque en proporción 1:1, los resultados obtenidos favorecieron su altura porque el sustrato a base de bagazo posee baja densidad aparente, contenido de macro y micronutrientes, en especial el nitrógeno que es un elemento que favorece el crecimiento y materia orgánica, y por su parte la tierra de bosque tiene mayor densidad que el bagazo, también aportó con nutrientes y materia orgánica, estos resultados corrobora sus componentes físicos y químicos establecidos en el análisis de sustratos.

La mezcla resultó ser adecuada para lograr buenas características del sustrato, que permitió el anclaje y la aportación de nutrientes a las plántulas cuyo objetivo es proporcionar un buen crecimiento dentro del espacio limitado que ofrece su contenedor, también concuerda con Palma-López (2018), que señala que entre una serie de aspectos esenciales que caracterizan a los sustratos, se destacan la densidad del sustrato (DS), el tamaño y forma de las partículas, el espacio ocupado por los poros en el volumen total del sustrato, la capacidad de retención de agua por los poros y la de liberar y conducir agua desde la parte porosa hacia la raíz e intercambio gaseoso, los que en conjunto favorecen el crecimiento de las plantas. Mientras que Gayosso-Rodríguez et al. (2018), plantean las características principales que debe tener un sustrato desde el punto de vista químico son: pH con valores entre 5,5 y 6,8; Conductividad eléctrica (CE) ≤ 2 mho/cm, Humedad 30% aproximadamente, Materia orgánica (MO), Nitrógeno total (N), Fósforo total (P), Contenidos

totales de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y Na⁺, Capacidad de intercambio catiónico (CIC) mayor a 20 meq 100 g⁻¹. De acuerdo al análisis de los sustratos están dentro de los valores requeridos.

Diámetro ecuatorial basal. - El adeva realizado para la variable diámetro ecuatorial basal, establece que no existe significación estadística para repeticiones, en tanto que para tratamientos si existe diferencia altamente significativa, el promedio del diámetro es 11,29 mm con un coeficiente de variación del 2,76%. El diámetro basal de las plantas tuvo comportamientos diferentes de acuerdo a los sustratos aplicados; es decir que el bagacillo de caña de azúcar, el musgo Sphagnum, la tierra de bosque y la turba tuvieron comportamientos diferentes en cuanto al tamaño del diámetro basal de las plantas de caña de azúcar.

Realizada la prueba de Tukey al 5% para tratamientos, se encontraron tres rangos de significación, el primero corresponde al T6: Bagacillo + tierra de bosque 1:1 con un valor de 12,36 mm que es el que tiene mayor tamaño de diámetro, con este rango comparten los tratamientos T5: Musgo + tierra de bosque 1:1 con 12,27 mm y T7. Musgo + bagacillo + tierra de bosque 1:1:1 con 11,87 mm. El último rango de la prueba lo ocupa el tratamiento T3: Tierra de bosque 100% con un valor de 8,96 mm.

Los resultados obtenidos en la prueba de Tukey al 5%, indican que los sustratos tuvieron diferente comportamiento sobre el diámetro basal, la mezcla de bagacillo y tierra de bosque en iguales proporciones fue el mejor, obteniendo el tallo más grueso en la parte basal, probablemente esto se deba a que la mezcla del sustrato proporcionó las condiciones favorables para que la planta de caña de azúcar se desarrolle de mejor manera y tenga los nutrientes necesarios para su crecimiento, también el sustrato permitió tener buena humedad lo que fueron aprovechado por las raíces, estos resultados concuerdan con los análisis físico-químicos del sustrato en el que se tiene contenido de macro y micronutrientes, materia orgánica, alta capacidad de retención de agua y porosidad. El bagazo de caña presentó altos valores de porosidad total y bajos de densidad aparente y de partículas, lo que resulta recomendable para uso como sustrato de propagación, similares condiciones brinda la tierra de bosque que permite el buen desarrollo de las plantas en vivero (Galindo-García et al., 2012).

El musgo Sphagnum en mezcla con tierra de bosque también permitió un mayor diámetro basal de la planta, compartiendo el primer rango de la prueba, al igual que el bagazo de caña, el musgo también posee nutrientes, humedad, buena porosidad por lo que las plantas se desarrollaron de buena manera, coincidiendo lo manifestado por Gaudí et al. (2014), que indica que la biomasa fresca de Sphagnum constituye la alternativa más prometedora para el uso en sustratos de propagación.

Porcentaje de prendimiento (mortalidad).- Los valores calculados con el análisis de varianza para tratamientos en la variable porcentaje de prendimiento, muestran significación altamente significativa para tratamientos y no significación entre repeticiones. El promedio fue del 85% de prendimiento y una mortalidad del 15% con un coeficiente de variación del 3,93%. Los diferentes sustratos utilizados para la propagación asexual de la caña de azúcar si tuvieron diferentes resultados en cuanto al prendimiento, por lo que unos sustratos permitieron mayor prendimiento que otros.

Realizada la prueba de Tukey para tratamientos, se establece tres rangos de significación, el T0: Turba rubia (Testigo) 100% alcanzó el mayor porcentaje de prendimiento con el 93,33%, compartiendo el primer rango se ubican los tratamientos T6, T5, T7, T4, T2 con valores de 88,33%, 86,67 y 85% respectivamente. El menor porcentaje con 73,33% de prendimiento se encuentra el T3: Tierra de bosque 100%.

Los resultados establecen que la turba utilizada como testigo y que habitualmente es el sustrato que se utiliza para propagación, se confirman en la investigación, pero por el estatus "orgánico" que debe tener las plantas nuevas, este sustrato no es certificado por lo que los sustratos alternativos elaborados con materiales locales que proviene de lotes certificados si cumplen con este requisito necesario para la producción orgánica certificada, en tal sentido los materiales utilizados como el bagacillo de caña de azúcar, musgo Sphagnum en combinación con tierra de bosque tuvieron resultados satisfactorios, pues la prueba de Tukey lo ubica compartiendo el primer rango de la prueba con el testigo que fue la turba.

El bagacillo, y el musgo Sphagnum mezclado con la tierra de bosque, reúne las características necesarias para obtener un buen sustrato y proporcionar las condiciones óptimas para el prendimiento de las plantas, los resultados del análisis físico, químico de los sustratos coinciden con Palma-López (2018), quien considera que entre la serie de aspectos esenciales que caracterizan a los sustratos, se destacan la densidad, el tamaño y forma de las partículas, el espacio ocupado por los poros en el volumen total del sustrato, la capacidad de retención de agua por los poros y la de liberar y conducir agua desde la parte porosa hacia la raíz, intercambio gaseoso, los que favorece sobre el crecimiento de las plantas, concordando con Grigatti et al. (2007), que mencionan que se consideran factores para la selección de sustratos aquellos que presenten supresividad respecto a patógenos, sean reciclables, eviten el lavado de nutrientes, optimicen el consumo del agua, eviten que causen daño al ambiente y que estén libres de patógenos.

Porcentaje de plantas viables. - La categorización de plantas viables, es decir las que pasaran a ser trasplantadas en terreno definitivo para su cultivo en campo, se realizó en base a los siguientes parámetros : color verde

característico, apariencia robusta, ausencia de plagas y enfermedades, con cuatro hojas verdaderas y alturas de planta mayor a 25 cm.

Los datos procesados y aplicado el análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas viables, establece que no existe diferencia significativa para repeticiones, para tratamientos si existe diferencia altamente significativa. Los diferentes sustratos investigados como el bagacillo de caña de azúcar, musgo Sphagnum, tierra de bosque y turba comercial, tuvieron influencia en el porcentaje de plantas viables, en unos sustratos existieron mayor plantas que otros. El promedio fue de 70,63% con un coeficiente de variación de 7,08%.

La prueba de Tukey al 5% realizada para tratamientos en la variable porcentaje de plantas viables, señala dos rangos de significación; cinco tratamientos se ubican en el primer rango lo que estadísticamente significa que tuvieron el mismo comportamiento por lo que todos ellos son válidos, aunque numéricamente sean diferentes. En este rango se encuentran los tratamientos que tuvieron mezclas con la tierra de bosque y el testigo que fue turba comercial, en tanto que los que se pusieron solos se encuentran en el segundo rango de la prueba.

Los tratamientos T6: Bagacillo + tierra de bosque 1:1 con 80,00%; T5: Musgo + tierra de bosque 1:1 con 78,33%; T7. Musgo + bagacillo + tierra de bosque 1:1:1 con 75,00%; T4: Musgo + bagacillo 1:1 con 73,33% y T0: Turba rubia (Testigo) 100% con 71,67%. Estos resultados probablemente fueron porque las mezclas entre bagacillo y musgo con tierra de bosque proporcionaron las condiciones físicas y químicas óptimas para la propagación asexual de caña de azúcar, de acuerdo a los análisis los sustratos investigados poseen alta retención de agua, porosidad, baja densidad, contenido de macro y micronutrientes, materia orgánica, pH óptimo todos éstos parámetros contribuyeron para que los sustratos sean los óptimos para la formación de raíces y el crecimiento de las plantas en vivero.

Normalmente es difícil que un solo material reúna las características ideales para el desarrollo de los cultivos, por lo que es necesario la mezcla de diferentes sustratos para que pueda lograr un efecto conjunto de las mejores características de estos, y así buscar mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo de la especie cultivada, Riviére & Caron (2001), también añaden que para el crecimiento de plantas hay que buscar nuevos materiales o mezclas en los que, además de proporcionar mejores condiciones de crecimiento, se considere la disminución del impacto ambiental, en aspectos como reducir el uso de fertilizantes y pesticidas, así como disminuir los costos.

Las plantas que están aptas para el trasplante cumplen con la normativa que señala que a falta de un sustrato comercial la única opción es la preparación de sustratos en la misma finca.

Caracterización de los sustratos

En la tabla 1, se muestra la caracterización de los sustratos utilizados en el presente ensayo:

Tabla 1. Caracterización de los sustratos.

Sustrato	Contenido agua %	Densidad aparente g/cc	Porosidad %	pH	MO	ce	macro y micron
Bagacillo de Caña de azúcar	350,00	0,11	96	6,50	5,10	0,80	SI
Musgo Sphagnum	183,92	0,14	94,60	5,7	52,96	3,31	SI
Tierra de Bosque	45,72	0,68	74,39	6,10	8,77	0,33	SI
Turba rubia	75	0,10	23,00	6,4	60,00	0,15	SI

Análisis de Costos

En las tablas 2 y 3, se muestran los valores estimados para la obtención de plántulas de caña de azúcar, utilizando el método de propagación asexual:

Tabla 2. Costos generales para la obtención de plántulas de caña de azúcar.

Detalle	Turba	Bagazo	Tierra	Musgo
Jornales	10,50	10,50	10,50	10,50
Preparación del suelo	2,63	2,63	2,63	2,63
Costo sustrato, preparación	70,00	10,50	10,50	21,00
Fundas	2,16	2,16	2,16	2,16
Cosecha, corte, yemas	5,25	5,25	5,25	5,25
Manejo	21,00	21,00	21,00	21,00

Herramientas	1,00	1,00	1,00	1,00
Total	111,53	53,03	53,03	63,53
Costo por planta	0,36	0,17	0,17	0,21

Tabla 3. Resumen de costos para la obtención de plántulas de caña de azúcar por tratamiento.

Tratamientos	Costo Unitario	Costo por 1000 plantas
T6: Bagacillo + tierra de bosque 1:1	0,17	172,18
T2: Bagacillo 100%	0,17	172,18
T3: Tierra de bosque 100%	0,17	172,18
T7. Musgo + bagacillo + tierra de bosque 1:1:1	0,18	183,54
T4: Musgo + bagacillo 1:1	0,19	189,22
T5: Musgo + tierra de bosque 1:1	0,19	189,22
T1: Musgo 100%	0,21	206,27
T0: Turba rubia (Testigo) 100%	0,36	362,11

Del análisis de costos realizado por cada tratamiento en estudio (tablas 2 y 3), se estable un menor valor para los tratamientos T6: Bagacillo + tierra de bosque 1:1, T2: Bagacillo 100% y T3: Tierra de bosque 100% con un costo de 0,17 dólares por cada planta, en tanto que el tratamiento más costoso es T0: Turba rubia (testigo) 100% con 0,36 dólares.

CONCLUSIONES

Los sustratos utilizados en la presente investigación se caracterizaron mediante un análisis físico-químico de los parámetros: contenido de agua en %, densidad aparente en g/cc. porosidad en %, pH escala 0-14, materia orgánica en % y contenido de macro y micronutrientes.

El mejor sustrato utilizado estuvo constituido por la mezcla de bagazo de caña de azúcar con tierra de bosque en proporción 1:1, siendo el más precoz en días al trasplante con 41,87/d/p, plantas de mayor altura con 46,43 cm, mayor diámetro ecuatorial basal con 12,36 mm, mejor porcentaje de prendimiento 88,33% y mayor número de plantas viables con 80,00%.

Los sustratos con mezclas de musgo Sphagnun y tierra de bosque en iguales proporciones y la mezcla entre bagacillo, musgo y tierra de bosque también tuvieron resultados satisfactorios, dado que en las pruebas de Tukey realizadas compartían el primer rango o se ubicaron en el segundo, notándose ligeras diferencias con el sustrato a base de bagazo y tierra de bosque. El sustrato que menor resultado tuvo fue la tierra de bosque

De los sustratos investigados los más convenientes desde el punto de vista económico fueron T6: Bagacillo + tierra de bosque 1:1, T2: Bagacillo 100%, T3: Tierra de bosque 100% con 0,17 dólares por planta, en tanto que el más costoso fue T0: Turba rubia (Testigo) 100% con un valor de 0,36 dólares por planta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Durán, C. M., & Acosta-Peñaloza, D. (2018). "Basura verde" como componente de sustrato en el cultivo de *Begonia spp. en potes. Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 221.
- AGROCALIDAD. (2013). Instructivo de la normativa general para promover y regular la producción orgánica ecológica biológica en el Ecuador. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu140344anx.pdf>
- Consejo de la Unión Europea. (2007). Reglamento (ce) No 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) no 2092/91. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2007R0834:20081010:ES:PDF>
- Cruz Crespo, E., Sandoval Villa, M., Volke Haller, V., Ordaz Chaparro, V., Tirado Torres, J. L., & Sánchez Escudero, J. (2010). Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. *Terra Latinoamericana*, 28(3), 219-229.
- Galindo-García, D. V., Alía-Tejacal, I., Andrade-Rodríguez, M., Colinas-León, M. T., Canul-Ku, J., & Sainz-Aispuro, M. J. (2012). Producción de nochebuena de sol en Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4), 751-763.

- Gaudig, G., Krebs, M., Prager, A., Wichmann, S., Barney, M., Caporn, S. J. M., Emmel, M., Fritz, C., Graf, M., Grobe, A., & Pacheco, S. G. (2018). Sphagnum farming from species selection to the production of growing media : a review. *Mires and Peat*, *20*, 1–30.
- Gayosso-Rodríguez, S., Borges-Gómez, L., Villanueva-Couoh, E., Estrada-Botello, M. A., & Garruña, R. (2018). Caracterización física y química de materiales orgánicos para sustratos agrícolas. *Agrocien- cia*, *52*(4), 639-652.
- Grigatti, M., Giorgioni, M. E., Cavani, L., Ciavatta, V. (2007). Vector analysis in the study of the nutritional status of Philodendron cultivated in compost-based media. *Scientia Horticulturae*, *112*, 448-455.
- <http://aramara.uan.mx:8080/bitstream/123456789/719/1/Sustratos%20en%20la%20horticultura.pdf>
- León-Martínez, T. S., Dopico-Ramírez, D., & Triana-Hernández, O. (2013). Paja de la caña de azúcar. Sus usos en la actualidad. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, *47*(2), 13–22.
- Palma-López, D. (2018). Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de caña de azúcar. *Agro Productividad*, *11*(12).
- Pastor, J. (1999). Use of Growing Mediums in the Nursery Production. *Terra Latinoamericana*, *17*(3), 231-235. _
- Ramírez Durán, J., & Murcia Pardo, M. L. (2014). Implementación del sistema de producción de plantas de caña de azúcar para el establecimiento de semilleros básicos y comerciales. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Rangel-Estrada, S. E., Hernández-Meneses, E., & Hernández-Arenas, M. (2016). Micropropagación de variedades de caña de azúcar cultivadas en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *39*(3), 225–231.
- Rivière, L. M., & Caron, J. (2001). Research on substrates: state of the art and need for the coming 10 years. *Acta Hort.* *548*, 29-41.