

Efecto de la calidad del agua y sustratos en la producción de plántulas de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni)

Yolanda Moguel Ordóñez¹
Genovevo Ramírez Jaramillo^{2§}
Justo Tepal Chalé¹

¹Campo Experimental Mocochoá. Antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán. CP 97454. ²Centro de Investigación Regional Sureste- INIFAP. Calle 6 Núm. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, CP 97130. Mérida Yucatán, México.

§Autor para correspondencia: ramirez.genovevo@inifap.gob.mx.

Resumen

La producción de plántulas por esquejes para la siembra de estevia, es uno de los métodos más utilizados en México y en el mundo, por lo económico y su relativa facilidad para realizarlos; no obstante, la producción de plántulas de *Stevia rebaudiana* Bertoni con esquejes se ve limitado por el uso de aguas muy duras con una conductividad eléctrica elevada, de tal forma que en ocasiones las raíces no se desarrollan y los esqueje se secan. El objetivo del trabajo fue evaluar tres tipos de sustratos y tres calidades de agua, en el desarrollo de plántulas de *S. rebaudiana* en el estado de Yucatán. El estudio se realizó en Muna Yucatán y se probaron tres tipos de sustratos (espuma comercial, mezcla a base de musgo y fibra de coco) y tres calidades de agua de riego (2 130 ppm, 1 230 ppm y 330 ppm de sólidos disueltos totales) en la producción de plántulas de la variedad Morita II. Se establecieron 100 esquejes por tratamiento y se midió la longitud (cm) de raíz y la altura de la plántula cada 10 días. Se encontró un efecto del tipo de sustrato ($p < 0.05$) en la altura de plántula y tamaño de raíz. Con respecto a la calidad de agua se encontró efecto en la altura de la plántula ($p < 0.05$), pero no en la longitud de la raíz ($p > 0.05$). Se concluye que el sustrato a base de mezcla de musgo y el de fibra de coco formaron raíces en menor tiempo y produjeron plántulas más altas. Esto es una ventaja ya que se reduce el tiempo de producción y existe una mayor probabilidad de sobrevivencia de plántulas al trasplante.

Palabras clave: desarrollo de raíces, esquejes, salinidad.

Recibido: febrero de 2018

Aceptado: abril de 2018

Introducción

La *S. rebaudiana* es una planta herbácea perenne que pertenece a la familia de las Asteráceas. Es un arbusto nativo originario de las laderas montañosas de Paraguay, crece entre 65 y 80 cm de altura y se propaga de manera sexual en su hábitat natural, pero también de forma asexual para plantaciones comerciales (Jarma *et al.*, 2010; Goyal *et al.*, 2010; González, 2011).

La estevia produce edulcorantes no calóricos como el esteviósido y los rebaudiósidos. Por esta razón, el cultivo se ha extendido de su centro de origen Paraguay y Brasil, a casi todo el mundo; sin embargo, los estudios sobre el manejo agronómico de esta especie son limitados, en particular lo relacionado con sus necesidades de agua y su sensibilidad tanto a los déficits hídricos como a los excesos de sales en el suelo (González *et al.*, 2016).

La reproducción sexual de *S. rebaudiana* es por fecundación cruzada (alogama), condición que origina gran variabilidad fenotípica y en la composición de los principios activos en las hojas, lo que genera una oportunidad para seleccionar plantas sobresalientes con fines de mejoramiento. La reproducción por semilla para plantaciones comerciales no es recomendable por la variabilidad existente y se sugiere la reproducción vegetativa o asexual (Ramírez *et al.*, 2011). En México existe un gran interés por el cultivo de estevia y una de las principales limitantes para su expansión y desarrollo en el país es la falta de material vegetativo. En la actualidad existe una demanda de plántulas no satisfecha, de tal forma que se requiere contar con tecnologías para su producción que permita la expansión de su cultivo en el país.

La propagación es un punto importante dentro del sistema de producción de *S. rebaudiana*, siendo la asexual a través de esquejes el método más utilizado actualmente, ya que permite conservar las características fenotípicas y genotípicas de la planta progenitora (Landázuri y Tigero, 2009; Ramírez *et al.*, 2011). Por otra parte, son más económicos que los obtenidos a través de cultivo de tejidos.

Para lograr con éxito la producción de plántulas de estevia, se deben de considerar dos factores principales: el sustrato que sirve de sostén a la plántula y la calidad del agua de riego. Un sustrato es un medio de soporte, que almacena y suministra nutrientes, agua y aire para el sistema radicular. El propósito de un sustrato es propiciar un buen crecimiento, dentro del espacio de un recipiente, y preparar las plántulas para un trasplante exitoso (Alvarado y Solano, 2002).

Uno de los principales factores a considerar en la calidad del agua para riego es la presencia de sales, ya que toda el agua que se utiliza en el riego contiene cierta cantidad de sales disueltas. La aptitud de las aguas para riego depende en general de los tipos y cantidades de sales que contienen. Todas las sales de las aguas de riego tienen un efecto sobre las relaciones agua- suelo- planta y las propiedades de los suelos, e indirectamente en la producción de las plantas (Anónimo, 1995).

Los sustratos y la calidad del agua usados para la producción de plántulas, son parámetros que deben ser seleccionados para el adecuado desarrollo del esqueje a plántula. En el estado de Yucatán, la producción de estevia se ha enfrentado a problemas como la elevada salinidad del agua, que puede disminuir la capacidad del potencial de producción de plantines y a la fecha se desconoce que sustrato es el más indicado para su producción en estructuras protegidas. En México, es incipiente la investigación en el cultivo de *S. rebaudiana* y sobre los efectos de la interacción entre tipo de sustrato y calidad del agua en la producción de plantines de estevia existe muy poca información. Debido a esto, el objetivo del trabajo fue evaluar diferentes tipos de sustratos y tres calidades de agua, en el desarrollo de plántulas de *S. rebaudiana* en la zona sur del estado de Yucatán.

Materiales y métodos

Ubicación del sitio experimental. El trabajo se realizó en una estructura protegida localizada en el Sitio Experimental Uxmal, en el municipio de Muna, Yucatán, el cual cuenta con un clima cálido subhúmedo con lluvias regulares en verano, temperatura media anual de 25.2 °C, temperatura máxima promedio de 36 °C en el mes de mayo y 14.3 °C como promedio mínimo en enero.

Producción de plántulas. Se realizó en una casa sombra de 8 x 24 m con techo impermeable y malla antiafidos a los lados. Se utilizó la variedad Morita II para la producción de plántulas, los esquejes se seleccionaron de una plantación madre de aproximadamente seis meses, con un tamaño de 12 a 15 cm de largo y 2 a 3 mm de diámetro, preferentemente de los extremos apicales de ramas no floreadas, ya que se ha encontrado que éstos tienen un mejor desarrollo (Ramírez *et al.*, 2011).

Se utilizaron charolas de unicel de 33 cm de ancho x 67 cm de largo y 6.5 cm de altura con 200 cavidades y perforación en la base para drenaje para establecer los plantines (Lozano y Ramírez, 2017). Para el caso de la espuma fenólica se cortaron piezas de 2.5 x 2.5 x 3.5 cm para usar en las cavidades de las charolas. Las charolas se regaron una vez al día hasta saturación, de forma que se mantuvieran húmedos los esquejes con el agua que le correspondiera de acuerdo con cada tratamiento. Se utilizó agua purificada producida utilizando un suavizador, ósmosis inversa y luz ultravioleta y agua de pozo del lugar del experimento en Muna.

Variables evaluadas. Para la producción de plántulas se estudiaron dos factores, tipo de sustrato y calidad del agua de riego.

Los sustratos comerciales evaluados fueron tres: sustrato 1. Espuma fenólica ligera e inerte con pH de 6 a 6.5 y una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 1.9, sustrato; 2. Formulado con una combinación uniforme de musgo *Sphagnum canadiense* y vermiculita con pH entre 5.9 a 6.2 y una CIC de 27 y sustrato; y 3. Formulado a base de fibra de coco y presenta un pH de 5.7 a 6.3 y una CIC de 39.

Los tipos de agua fueron tres y se consideraron las siguientes características químicas como: cantidad de sólidos disueltos totales (SDT), pH, conductividad eléctrica, relación de

absorción de sodio y porcentaje de sodio intercambiable entre otros. Los SDT se determinaron en campo con un equipo HM digital modelo EZ con las siguientes lecturas; SDT alto (2 130 ppm de SDT proveniente de agua de pozo de Muna Yucatán), SDT medio (1 230 ppm de SDT, 50:50 agua de pozo y agua purificada) y SDT bajo (330 ppm de SDT proveniente de agua purificada) y se complementó con los análisis del agua del pozo profundo (60 m) considerada como tratamiento 1, agua del tratamiento de agua purificada tratamiento 3 y una mezcla de ambas como tratamiento 2 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características químicas del agua utilizada para regar las plántulas de *S. rebaudiana*.

Parámetros	T1	T2	T3	Nivel
Sólidos disueltos totales (ppm)	2 130	1 230	330	250 a 1 500
pH	7.11	7.00	6.92	6.5-8.0
Conductividad eléctrica (mS cm ⁻¹)	3.04	2.00	1.27	0.2. a 2.0
Relación de absorción de sodio	10.82	5.24	4.23	<10
Porcentaje de sodio intercambiable (%)	0.88	1.55	2.22	

Las variables de respuesta fueron: longitud de la raíz, para lo cual se midieron cinco muestras de cada tratamiento a los 12 y 22 días después de establecidos los esquejes en las charolas; y altura de plántulas las cuales se midieron diez muestras al azar los días 3, 12 y 27 después de plantados.

Análisis estadístico. Se realizó un análisis factorial 3 x 3 (9 tratamientos) con 100 plántulas por tratamiento siendo la plántula la unidad de repetición. Se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias por el método de Duncan, para establecer las diferencias entre los tratamientos, utilizando el programa Statgraphics Centurion XV.

Resultados y discusión

Altura de plántula

Para el desarrollo y crecimiento de plántulas, el sustrato empleado es un factor fundamental, puesto que éste contribuye en la calidad de la plántula (Ortega, 2010). En la actualidad existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, tipo de propágalo, época de siembra, sistema de propagación, costo, disponibilidad y características propias del sustrato (Hartman y Kester, 2002).

De acuerdo con su elaboración, existen diversos tipos de sustratos empleados para la producción de plántulas, ya que en escasas ocasiones se emplea el suelo como sustrato por la dificultad en su manejo, por lo que es necesario seleccionar un material que lo sustituya tanto en sus propiedades físicas como químicas, tales como la capacidad de intercambio catiónico, el espacio poroso, la capacidad de retención de agua, el pH y la conductividad eléctrica (Valdéz y Benavides, 2013).

De los tres sustratos evaluados en este trabajo para la producción de plántulas de estevia, los resultados indicaron que existieron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en la altura de las plántulas entre sustratos. Se puede observar en la Figura 1 y 2, que los sustratos 2 y 3 a base de mezcla de musgo y fibra de coco (11.4 y 10.8 cm de altura respectivamente), presentaron un mayor crecimiento con respecto al Sustrato 1 (6.8 cm) de espuma comercial. Esto puede ser debido a que los sustratos químicamente inertes, como la espuma sintética (sustrato 1) actúan únicamente como soporte de la planta, mientras que los restantes intervienen además en procesos de adsorción y son químicamente activos como los sustrato, 2 y 3 (a base de musgo y fibra de coco) ya que se ha reportado que intervienen en la fijación de nutrientes (Pastor, 2000).



Figura 1. Desarrollo de plántulas de estevia a los 22 días de la siembra en tres diferentes sustratos.

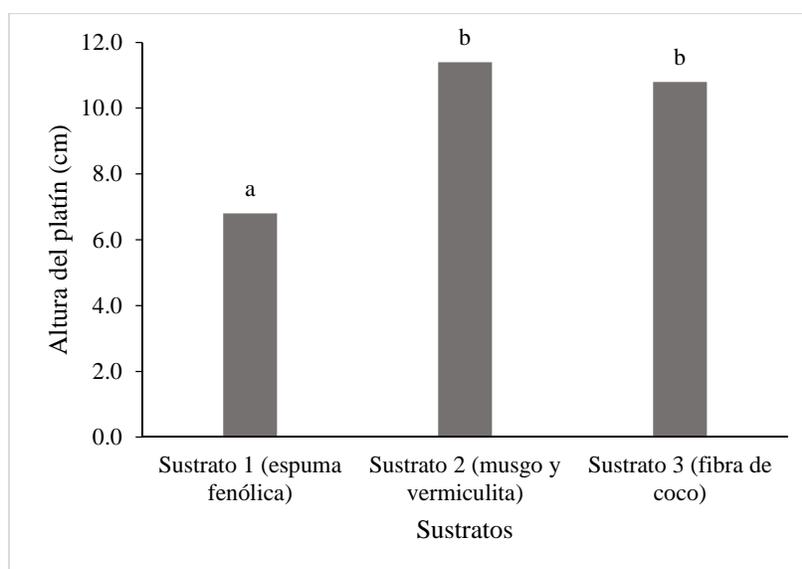


Figura 2. Altura de la plántula de estevia en tres tipos de sustratos.

El sustrato 1 debido a que es un sustrato sólido inerte de un solo componente y con baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), solamente actuó brindando soporte a las plántulas, por lo cual se obtuvo el menor crecimiento en este tipo de sustrato.

El sustrato 2 a base de musgo y vermiculita, posee una gran capacidad de absorción de agua y una mejor CIC. El musgo absorbe hasta 20 veces su peso seco y la vermiculita la cual es un mineral compuesto de silicato de aluminio- hierro- magnesio, posee una estructura en placas, lo que genera una elevada proporción superficie/volumen y por lo tanto una alta capacidad de retención de humedad (Bunt, 1988). Estas características resultaron adecuadas para la producción de plantines de estevia bajo las condiciones usadas en el experimento, lo cual concuerda con lo reportado por Gaudig *et al.* (2014), quienes indicaron que el musgo posee propiedades físicas y químicas adecuadas para la producción de diversas plántulas.

El sustrato de residuos de coco (sustrato 3) presentó un adecuado crecimiento de las plántulas de estevia, probablemente debido a que es un sustrato de estructura granular homogénea, con alta porosidad total, elevada capacidad de aireación y retención de agua, baja densidad aparente, pH entre 5 y 6 y estructura física altamente estable (Jasmin *et al.*, 2003; Arévalo *et al.*, 2016).

El concepto de calidad de agua para el riego se refiere a las características del agua que puedan afectar a los recursos suelo y cultivo en su uso a largo plazo (Bosch *et al.*, 2012). Para evaluar la calidad del agua para el riego se debe definir tres criterios principales: salinidad, sodicidad y toxicidad (Gholami y Shahinzadeh, 2014; Asamoah *et al.*, 2015).

Para medir la calidad del agua de riego se consideran variables directas e indirectas. Las variables directas para medir la calidad del agua para el riego son (1) la salinidad; (2) la sodicidad; y (3) la alcalinidad y la toxicidad iónica específica. Las variables indirectas, también llamadas ambiente dependiente son (1) tolerancia de los cultivos a la salinidad; (2) tolerancia de los suelos a la salinidad, sodicidad y alcalinidad; (3) manejo del riego; y (4) clima (Aragües, 2011).

Para el presente estudio se dispuso de información sobre los indicadores que miden la salinidad como es la conductividad eléctrica (CE) y los sólidos disueltos totales (SDT), sobre la sodicidad como es la relación de absorción de sodio (RAS), la alcalinidad a través del pH y la toxicidad como son los contenidos de cloruros, boro y sodio. Respecto a las variables independientes y en virtud de que la siembra se realizó en una estructura protegida, en contenedores con sustratos y un mismo manejo del agua, solo se contempló la tolerancia de la *S. rebaudiana* a la salinidad.

Entre los indicadores evaluados sobre calidad del agua se encontró respecto al pH del agua de riego que en los tres tratamientos se tiende sobre todo a un agua de pH neutro (7.11 el mayor y 6.9 el menor). Aguas con pH muy alto o muy alcalino, dificultan la absorción de nutrientes en las plantas ya que se precipitan y con pH muy ácido se pueden solubilizar elementos muy tóxicos como el aluminio (Arzola *et al.*, 2013). En el presente estudio ninguna de las aguas presento problemas de alcalinidad alta (> 8).

En lo que respecta al RAS Lingaswamy y Saxena (2015) sugieren utilizar el criterio propuesto por Richards que la clasifica de la siguiente forma: < 10 excelente, 10 a 18 buena, 18 a 26 dudosa, > 26 no recomendable. El RAS en el T1 es buena y T2 y T3 es excelente. Por lo tanto, para el caso del RAS no se tuvo problema, sobre todo por el tipo de riego con una regadera de jardín y el empleo de sustratos.

La CE es un indicador del total de sales disueltas en el agua y su clasificación es un tema muy discutido y cuestionado (Tartabull y Betancur, 2016) ya que, para considerar sus efectos, no solo se debe de tomar este indicador aislado sino conocer la textura del medio, la precipitación y la tolerancia a la salinidad del cultivo. Para el caso de las aguas del T2 y T3 estuvieron dentro del rango de 0.2 a 2 considerados como adecuados para el riego agrícola y el agua del T1 con restricciones.

Otro indicador muy relacionado con la CE es el SDT, y de acuerdo con la clasificación por el grado de restricción de uso como agua de riego, se consideran que un agua con SDT de <450 mg L⁻¹ no tiene ninguna restricción de uso, aguas con 450- 2 000 mg L⁻¹ de SDT tiene una restricción ligera o moderada y aguas con SDT de >2 000 mg L⁻¹ presentan una severa restricción Cortés *et al.* (2009).

Debido a esto, se esperaba que las plántulas regadas con agua con baja CE y bajo contenido de SDT fueran los mejores, pero no presentaron dicho comportamiento. Esto pudo deberse a diversos factores como el contenido y tipo de sales en las aguas de riego, ya que el agua purificada debido a su proceso de purificación presentó una relación de absorción de sodio de 10.82 (elevado de acuerdo con lo recomendado para el agua de riego de <10) y porcentaje de sodio intercambiable de 2.2, superior al agua de pozo con 3.91 y 0.81 de relación de absorción de sodio y porcentaje de sodio intercambiable respectivamente. Otro aspecto que influye es que *S. rebaudiana*, se considera una planta moderadamente sensible a la salinidad (González *et al.*, 2016), lo que le permite soportar aguas salinas como las del T1, sin un daño aparente en el desarrollo de las plántulas.

La altura de las plántulas presenta diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) con respecto a la calidad del agua de riego, concordando con lo reportado por diversos autores, los cuales han observado cambios en el crecimiento del tallo de diferentes plantas al variar la salinidad del agua, principalmente una disminución en el crecimiento por aumento de la salinidad (Parés y Basso, 2013; Ruiz *et al.*, 2014).

Se observó que la altura de las plántulas que recibieron agua del T1 (9.12^a cm) y T2 (10.24^b cm) fueron estadísticamente diferentes ($p < 0.05$); sin embargo, fueron iguales a los plantines regados con agua con el T3 (9.71^{ab} cm) (Figura 3).

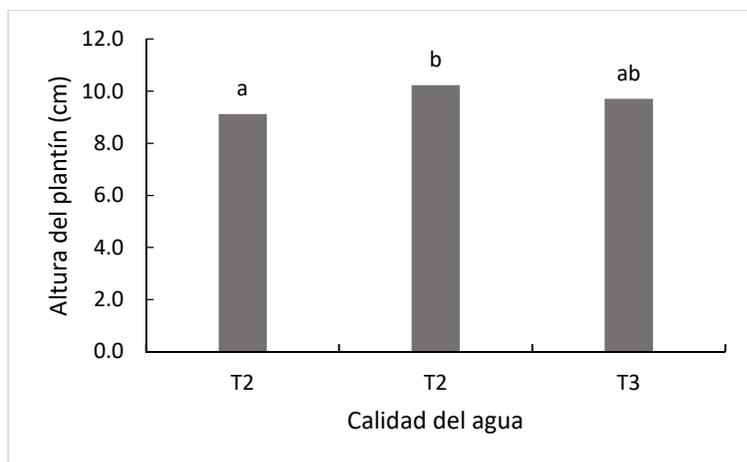


Figura 3. Altura de las plántulas de estevia en tres calidades de agua.

Debido a estos resultados, el sodio tuvo un papel importante en el crecimiento de los plantines ya que, aunque los SDT y la CE fueron bajos en el agua del T3, los porcentajes de absorción de sodio fueron adecuados en la calidad de agua intermedia, además es posible que los esquejes requieran cierta cantidad de minerales para que se desarrollen adecuadamente, haciendo que el agua de riego del T2 haya resultado mejor.

Analizando la respuesta de la altura de las plántulas con agua del T1, se observó que desde el día 3 de sembrado el esqueje, se encontraron diferencias estadísticas significativa ($p < 0.05$) entre el tipo de sustratos, siendo menor el desarrollo de los plantines en el sustrato 1 (Cuadro 2). Este mismo comportamiento se observó al día 12 y al 22, así como con las plántulas obtenidas con agua de riego de los T2 y T3. Fue muy marcado el mejor desarrollo de la plántula con el sustrato 2 y el sustrato 3 en los diferentes días de muestreo y bajo cualquier tipo de calidad de agua. No obstante, el mejor comportamiento fue del sustrato 2 bajo la calidad de agua con SDT medio a los 22 días de plantados los esquejes.

Cuadro 2. Altura promedio (cm) de plántulas de estevia en tres calidades de agua y tres sustratos.

	Calidad de agua Tratamiento 1		
	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3
3 días	4.9 ± 0.33 ^a	5.7 ± 0.52 ^b	5.8 ± 0.45 ^b
12 días	6.6 ± 0.75 ^a	8.8 ± 0.89 ^b	8.8 ± 0.95 ^b
22 días	8.7 ± 1.75 ^a	15.8 ± 3.25 ^b	15.7 ± 2.58 ^b
	Calidad de agua Tratamiento 2		
	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3
3 días	5.1 ± 0.21 ^a	6.1 ± 0.67 ^b	5.5 ± 0.51 ^a
12 días	6.4 ± 0.67 ^a	10.1 ± 1.7 ^b	10.3 ± 1.15 ^b
22 días	10.0 ± 1.16 ^a	20.8 ± 4.78 ^b	19.0 ± 2.19 ^b

	Calidad de agua Tratamiento 3		
	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3
3 días	4.9 ± 0.54 ^a	6.0 ± 0.55 ^b	5.6 ± 0.65 ^b
12 días	6.6 ± 0.72 ^a	9.7 ± 1.21 ^b	8.8 ± 1.08 ^b
22 días	8.3 ± 1.51 ^a	20.0 ± 2.76 ^b	18.0 ± 2.61 ^b

^{a,b} Literales diferentes en la misma fila, indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$).

Analizando los resultados de alturas por calidad de agua en el tiempo de crecimiento en los diferentes sustratos, se observó al día 22 de plantados los esquejes, un efecto significativo ($p < 0.05$) del tipo de agua, encontrando un mejor desarrollo en las plántulas con agua de los T2 y T3.

Longitud de la raíz

El desarrollo de la raíz de las plántulas estuvo influenciado por el tipo de sustrato ($p < 0.05$) siendo el sustrato 2 el mejor, seguido por el sustrato 3 y finalmente el sustrato 1 (Figura 4). Al día 12 de desarrollo, la longitud de las raíces, presentaron un promedio de 4.4 cm y 5.8 cm a los 22 días de plantados los esquejes. Debido a sus características el sustrato a base de musgo permite un mejor enraizamiento y un óptimo desarrollo de las plántulas. Se ha reportado que presenta buenas características físicas, químicas y además de ser bueno para la estevia, demuestra ser eficiente para la producción de plantas forestales y hortalizas (García *et al.*, 2001; Rangel *et al.*, 2002).

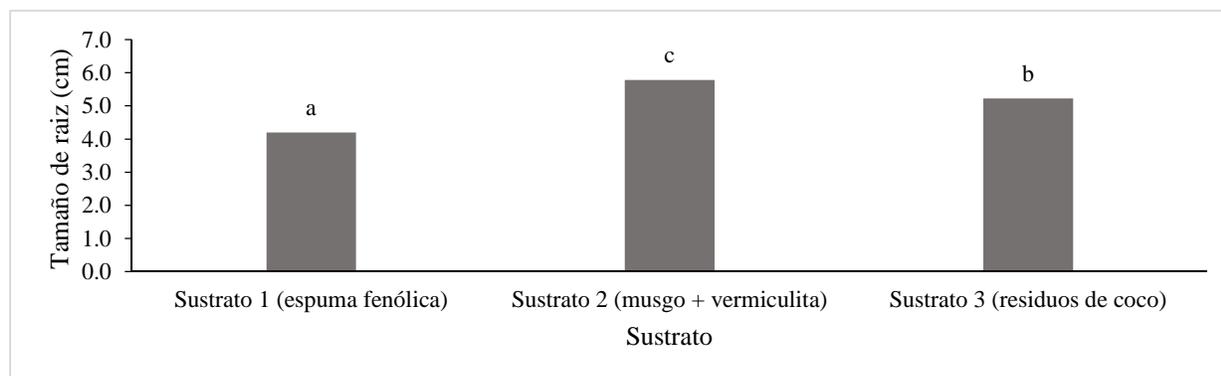


Figura 4. Longitud de la raíz de plántulas de estevia en tres tipos de sustrato.

A pesar de que la calidad del agua tuvo efecto significativo en la altura de las plántulas, no se encontró el mismo efecto en la longitud de las raíces siendo 5.0, 5.1 y 5.1 cm para T1, T2 y T3 respectivamente.

Al analizar el tamaño de raíces de forma individual, se encontró que con agua de los T1 y T3, el sustrato 2 y 3 fueron los mejores (Cuadro 3); sin embargo, con el agua del T2 fue mejor el sustrato 2. Al día 22 independientemente de la calidad de agua, el sustrato 3 (5.9^b cm) y sustrato 2 (6.1^b cm) fueron mejores que el sustrato 1 (5.1^a cm).

Cuadro 3. Longitud promedio de raíces (cm) de estevia en tres calidades de agua y tres sustratos.

	Calidad de agua Tratamiento 1		
	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3
12 días	3.8 ± 0.89 ^a	4.8 ± 0.80 ^b	4.7 ± 0.66 ^b
22 días	4.9 ± 0.65 ^a	5.5 ± 0.71 ^b	5.4 ± 0.96 ^b
	Calidad de agua Tratamiento 2		
	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3
12 días	2.8 ± 0.78 ^a	5.8 ± 1.13 ^c	4.5 ± 1.1 ^b
22 días	5.1 ± 0.42 ^a	6.5 ± 0.61 ^b	5.6 ± 0.22 ^a
	Calidad de agua Tratamiento 3		
	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3
12 días	3.4 ± 1.39 ^a	4.7 ± 0.73 ^b	4.5 ± 0.89 ^b
22 días	5.2 ± 0.91 ^a	6.3 ± 0.45 ^{ab}	6.6 ± 0.42 ^b

^{a,b} Literales diferentes en la misma fila, indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$).

Con base a estos resultados, se observó que la calidad del agua no afectó el tamaño de las raíces; sin embargo, aunque no se midió, se percibió que las raíces secundarias fueron más abundantes en las plántulas regadas con agua de los T2 y T3.

Conclusiones

Los sustratos utilizados fueron un factor importante en el desarrollo de las plántulas de *S. rebaudiana* y el crecimiento de sus raíces.

Los mejores resultados en el desarrollo de plántulas y longitud de las raíces de *S. rebaudiana* se obtuvieron con los sustratos 2 (a base de fibra de coco) y sustrato 3 (mezcla a base de musgo y vermiculita).

Con los sustratos 2 (residuos de coco) y sustrato 3 (mezcla a base de musgo) se obtuvieron a los 22 días plántulas con un adecuado desarrollo para el trasplante.

La calidad de agua tuvo efecto en la altura de las plántulas de *S. rebaudiana*, pero no así en la longitud de las raíces.

El proceso de purificación del agua baja la conductividad eléctrica, pero al disminuir la cantidad de calcio y magnesio incrementa el RAS, el cual baja la calidad del agua de riego.

Con los sustratos 2 y 3 es factible producir las plántulas de *S. rebaudiana* con aguas cuya conductividad eléctrica sea hasta de 2.0 mS cm⁻¹.

Literatura citada

- Alvarado, V. M. A. y Solano, S. J. A. 2002. Producción de sustratos para viveros. Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicional (VIFINEX). OIRSA. San José, Costa Rica. 46 p.
- Anónimo. 1995. Manual de fertilizantes para horticultura. Soil Improvement Committee California Fertilizer Association. (Trad.). Guzmán, O. M. Editorial Limusa, SA de CV. Grupo Noriega Editores. DF, México. 297 p.
- Aragües, R. 2011a. Calidad del agua para el riego: efectos sobre plantas y suelos. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA-DGA). Unidad de Suelos y Riegos- Unidad Asociada EEAD-CSIC. Riegos del Alto Aragón. 18-23 pp.
- Arévalo, P. M. E; Oberpaur, W. C. y Méndez, C. C. 2016. Inclusión de musgo (*Sphagnum magellanicum* Brid.) y fibra de coco como componentes orgánicos del sustrato para almácigos de kiwi (*Actinidia deliciosa*). Desia 34(2):47-55.
- Arzola, N. C. y Fundora, O. M. R. 2013. Manejo de suelos para una agricultura sostenible. Jaboticabal. FCAV/UNESP. 509 p.
- Bunt, A. 1988. Media and mixes for container grown plants. Boston. Unwin Hyman. 309 p.
- Cortés, J. J. M.; Troyo, D. E. y Garatuza, P. J. 2009. Correlación entre indicadores de la calidad del agua para uso agrícola. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto técnico Núm. 66. 34 p.
- García, O; Alcanzar, G; Cabrera, R; Gavi, F. y Volke, V. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de plantas en vivero. Terra Latinoam. 19:249- 258.
- Gaudig, G.; Fengler, F.; Krebs, M.; Prager, A.; Schulz, J.; Wichmann, S. and Joosten, H. 2014. Sphagnum farming in Germany - a review of progress. Mires and Peat. 13:1-11.
- Gholami, A. and Shahinzadeh, N. 2014. Evaluation of hydrochemistry characteristics surface water quality in the Karoon River Basin, Southwest Iran. Indian J. Fundamental Appl. Life Sci. 2231- 6345.
- González, M. S. A. 2011. Aproximación a la comprensión de un endulzante natural alternativo, la *S. rebaudiana* Bertoni: producción, consumo y demanda potencial. Agro. 17(32):57-69.
- González, Y.; Villafañe, R.; Basso, C.; Trujillo, A. y Pérez, D. 2016. Tolerancia de la stevia (*Stevia rebaudiana*, Bertoni) a la salinidad. Acta Científica Venezolana. 67(2):35-46.
- Goyal, S. K.; Samsher and Goyal, R. K. 2010. Stevia (*S. rebaudiana*) a bio-sweetener: a review. Int. J. Food Sci. Nut. 61(1):1-10.
- Hartmann, H. and Kester, D. 2002. Plant propagation. Principles and practices. Prentice Hall. New Jersey. USA. 880 p.
- Jarma, A. J. O.; Enrique, M. C. C. y Cleves, L. J. A. 2010. Aspectos nutricionales y metabolismo de *S. rebaudiana* (Bertoni). Revisión. Agron. Colomb. 38(2):199-208.
- Jasmin, J.; Souza, N.; Mendes, N. and Dias, G. 2003. Production of ornamental-plantsupporting sticks from coconut fiber. Inves. Agrop. Desenvolvimiento Sustentable. 1(2):173-178.
- Landázuri, P. A. y Tigrero, J. O. 2009. *Stevia rebaudiana* Bertoni, una planta medicinal. Bol. Téc. Edición Especial. ESPE. Sangolquí, Ecuador.

- Lingaswamy, M. and Saxena, P. R. 2015. Water quality of fox Sagar Lake, Hyderabad, Telangana State, India, its suitability for irrigation purpose. *Int. J. Adv. Res. Sci. Technol.* 4(8):490-494.
- Lozano, C. M. G. y Ramírez, J. G. 2017. Propagación de *Stevia rebaudiana* Bertoni con enraizadores biológicos. Folleto técnico Núm. 21. Mérida, Yucatán México. 27 p.
- Ortega, M. L. D.; Sánchez, O. J.; Díaz, R., R. y Ocampo, M. J. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Universidad Autónoma Indígena de México. El Fuerte, Sinaloa, México. *Rev. Ra Ximhai.* 6(3):365-372.
- Parés, J. y Bassó, C. 2013. Efecto del cloruro de sodio sobre el crecimiento y estado nutricional de plantas de papaya. *Bioagro.* 25(2):109-116.
- Pastor, J. 2000. Utilización de sustratos en vivero. Universidad de Lleida, Depto. de Hortofruticultura, Botánica y Jardinería. Madrid, España. 231-235 pp.
- Ramírez, J. G.; Avilés, B. W.; Moguel, O. Y.; Góngora, G. S. y May, L. C. 2011. Aportaciones al conocimiento del cultivo de *Stevia rebaudiana* Bertoni, en México. Publicación Especial. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán. 86 p.
- Ramírez, J. G.; Avilés, B. W.; Moguel, O. Y.; Góngora, G. S. y May, L. C. 2011. Estevia (*Stevia rebaudiana*, Bertoni), un cultivo con potencial productivo en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán, México. 88 p.
- Rangel, J.; Leal, H.; Palacios, M. S.; Sánchez, S.; Ramírez, R. y Méndez, T. 2002. Coconut fiber as casing material for mushroom production. *Terra Latinoam.* 24(2):207-213.
- Ruiz, E. F. H.; Villalpando, G. R. L.; Murillo, A. B.; Beltrán, M. F. A. y Hernández, M. L. G. 2014. Respuesta diferencial a la salinidad de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en primeras etapas fenológicas. *Terra Latinoam.* 32(4):311-323.
- Tartabull, P. T. y Betancourt, A. C. 2016. La calidad del agua para el riego. Principales indicadores de medida y procesos que la impactan. *Rev. Cien. Agroecosistemas.* 4(1):47-61.
- Valdéz, A. L. A. y Benavides, M. A. 2013. Producción de plantas en maceta: manejo, nutrición y cuidados. 6 Simposio Internacional de Invernaderos. Puebla, Puebla, México. <https://www.researchgate.net/publication/279180506>.