Agronomía Costarricense 44(1): 65-77. ISSN:0377-9424 / 2020
www.mag.go.cr/rev_agr/index.html www.cia.ucr.ac.cr

EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE GEL DE SÁBILA Y AGUA DE COCO COMO ENRAIZANTES NATURALES EN DIFERENTES SUSTRATOS PARA PROPAGACIÓN ASEXUAL DE ÁRBOLES DE *Ficus benjamina*

Allan Alvarado-Aguayo[1/], Mónica Munzón-Quintana[2]*

Palabras clave: Ácido indolacético; ácido indolbutírico; ácido naftalacético; fitohormona; reproducción asexual; sustrato.
Keywords: Indolacetic acid; indolbutyric acid; naphthalacetic acid; phytohormone; asexual reproduction; substrate.

Recibido: 13/03/19 **Aceptado:** 20/05/19

RESUMEN

Esta investigación analizó el comportamiento de los efectos de diferentes enraizantes y sustratos en la reproducción asexual y desarrollo de plántulas de ficus (*Ficus benjamina*). El estudio se realizó en el vivero comercial, ubicado en el cantón El Triunfo, provincia Guayas, Ecuador. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial 2x4, con 4 repeticiones. Se evaluaron las siguientes variables: prendimiento, vigor de plantas, emisión de brotes, longitud de raíces y peso de raíces a los 60 días después de la siembra. Se utilizaron diferentes tratamientos con sustratos a base de arena de río, hojarasca de cacao y tierra amarilla, en los cuales se evaluó la efectividad de diferentes combinaciones de gel de aloe y agua de coco, como enraizantes, frente a una formulación comercial del regulador fisiológico ácido naftalacético (ANA). El mejor tratamiento para enraizamiento y propagación fue tierra amarilla + cascarilla de arroz + gel de

ABSTRACT

Evaluation of the effectiveness of aloe gel and coconut water as natural rooting agents in different substrates for asexual tree propagation of *Ficus benjamina* trees. This research analyzed the effects of different rooting agents and substrates on asexual reproduction and development of ficus (*Ficus benjamina*) seedlings. The study was carried out in a commercial nursery located in El Triunfo county, Guayas province, Ecuador. A completely random design with a 2x4 factorial arrangement was used, with 4 repetitions. The following variables were evaluated: yield, vigor of plants, emission of shoots, length of roots, weight of roots at 60 days after sowing. Different treatments were used with substrates based on river sand, cocoa leaves and yellow soil, in which the effectiveness of different combinations of aloe gel and coconut water, as rooting agents, was evaluated against a commercial formulation of naphthalacetic

* Autor para correspondencia. Correo electrónico: aalvarado@uagraria.edu.ec
1 Universidad Agraria del Ecuador, El Triunfo, Guayas, Ecuador.
0000-0003-2245-7661.
2 Universidad Agraria del Ecuador, El Triunfo, Guayas, Ecuador.
0000-0002-4036-5632.

aloe, cuyo porcentaje de prendimiento alcanzó 54,17% y 1,95 brotes, superando a la hormona comercial, que llegó a un prendimiento de 41,67% y 1,15 brotes. Para determinar el efecto económico de los tratamientos, se utilizó como base el precio de vivero de una planta de ficus ($1,25 USD) y 1000 esquejes propagados como referencia. Así pudo determinarse que el sustrato a base de tierra amarilla + cascarilla de arroz + gel de aloe obtuvo una utilidad de $165,10 USD con una relación beneficio/costo igual a $1,41; superando al uso de la hormona comercial en la que la utilidad fue $-195,67 con una relación beneficio/costo de $0,52. Los resultados indican que la combinación de tierra amarilla y cascarilla de arroz como sustratos y gel de sábila como enraizante natural, constituyen una alternativa a la hormona comercial para la propagación de esquejes de ficus en viveros.

acid (ANA). The best treatment for rooting and propagation was yellow soil + rice husk + aloe gel, which reached a performance of 54.17% and 1.95 sprouts, surpassing the commercial hormone, with a performance of 41.67% and 1.15 sprouts. In order to determine the economic effect of the treatments, the nursery price of a ficus plant ($1.25 USD) was used as base and 1000 propagated cuttings as reference. Thus, it could be determined that substrate based on yellow soil + rice husk + aloe gel obtained a utility of $165.10 USD, with a benefit/cost ratio equal to $1.41, which exceeded the use of the commercial hormone in which the utility was $-195.67 with a benefit/cost ratio of $0.52. Results indicate that the combination of yellow soil and rice husk as substrates and aloe gel as natural rooting, constitute an alternative to commercial hormone for the propagation of ficus cuttings in nurseries.

INTRODUCCIÓN

Ficus benjamina es una especie arbórea nativa del sur y sureste de Asia, así como sur y norte de Australia, incluida en familia de las Moráceas (Benavides *et al*. 2010). Aunque llega a tener 20 m a 30 m de altura, puede cultivase en maceta como planta de interior (Rosales 2016). Su copa ancha y frondosa con ramillas colgantes, verdosas y glabras (Sánchez de Lorenzo 2015), es aprovechada para podas con fines decorativos (Mahecha 2010), especialmente en exteriores (Floramedia España 2011) con finalidad de sombra en ornamentación urbana, adecuada para retener polvo y absorber calor. Sus hojas tienen capacidad para neutralizar la lluvia ácida (Soto *et al.* 2006).

Generalmente, *F. benjamina* se propaga mediante esquejes en viveros a través de condiciones controladas (Gárate 2010), el material vegetal se obtiene de ramas laterales por ser más productivas (Aliaga 2009). El sustrato para enraizamiento debe poseer características de buena aireación, retención de agua, drenaje y nutrientes (Mesén 1998). El sustrato influye en el éxito del enraizamiento (Arce 2014) y varios tipos son ampliamente utilizados. La arena de río por sus condiciones de soltura (Espejo 2015) y versatilidad para homogeneizarse con todo tipo de componentes (Agromática 2013), también la cascarilla de arroz (Petitt 2011) sometida a quema parcial para facilitar la retención del agua (Llerena 2011), la hojarasca de cacao descompuesta se emplea por su contenido de nutrientes y microorganismos (Martínez *et al.* 2015). No siempre un sustrato reúne todas las características deseables, por lo que se deben mezclar diversos materiales (Llerena 2011).

Para la iniciación de raíces adventicias en esquejes se utilizan hormonas vegetales,

especialmente auxinas, y en menor medida citoquininas y giberelinas (Lucero 2014). A base de estas hormonas se elaboran los enraizantes que se presentan en forma líquida o en polvo (Grupo Iñesta 2018). Las principales materias activas hormonales son el ANA (ácido naftalacético), el AIB (ácido indolbutírico) y el AIA (ácido indolacético), que funcionan con dosificaciones muy bajas del al 0,2% y 0,5% (Flores y Plantas 2017). Estas regulan el crecimiento vegetal desde esa temprana fase, lo cual favorece la multiplicación celular (Heras 2014).

En Ecuador la formulación comercial mayormente utilizada en la propagación de esquejes contiene ANA 1, que actúa en forma más efectiva que el AIB y el IAA (Cholota 2013). Se utiliza en propagación asexual al introducir la parte inferior del esqueje dentro del polvo, de modo que el producto se adhiera a la superficie del corte. También es empleado en solución, en aspersiones foliares, como bio regulador del crecimiento vegetal (Colinagro 2017).

Otro agente hormonal que promueve la formación de raíces es la sábila (Castro 2010), cuyo gel es rico en aminoácidos (ácido glutámico y arginina), lactatos y ácidos orgánicos. Para aprovechar su poder enraizador se extrae el gel de las pencas y se coloca en contacto con la parte vegetativa de la plántula para enraizar (Rodríguez y Hechevarría 2004).

El agua de coco también es considerado un enraizante natural (García 2008), contiene citoquinina (1:3-difenil-urea), que estimula la elongación de las células de los cotiledones (Quinto *et al*. 2009). Además, presenta otros reguladores del crecimiento como: auxinas (AIA), ácido abscísico (ABA) y giberelinas (Millán y Márquez 2014).

Desde su introducción a Ecuador, el ficus es muy usado como sombra en parques y otras zonas ornamentales, pues con podas intensivas es susceptible de adquirir formas diversas. Si bien es cierto, la propagación por estaquillas genera plantas arbustivas con fines no maderables, en la actualidad, con la expansión de proyectos de dasonomía urbana y de ingeniería civil, se ha necesitado reproducir especies maderables y ornamentales para embellecer carreteras, parterres, jardines, urbanizaciones, etc. Este trabajo tiene como objetivo principal determinar los efectos de la aplicación de enraizantes naturales y sustratos varios frente a la hormona comercial mayormente utilizada en la propagación asexual de plantas de ficus.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

Esta investigación se realizó en el vivero "Dos Hermanos", ubicado en el sector Payo, km 40 vía Duran-Tambo en el cantón El Triunfo, provincia del Guayas, Ecuador, en las coordenadas 2°18'42.3"Sur y 79°28'47.3" Oeste.

Tratamientos en estudio

En los tratamientos aplicados a este ensayo se incluyeron, como variable independiente, el efecto de los enraizantes naturales y sustratos en el desarrollo de las raíces de ficus, mientras que como variable dependiente la respuesta del desarrollo de raíces frente a la aplicación (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos para estudio de sustratos y enraizantes en *Ficus benjamina*.

Nº	Combinaciones	Tratamientos
1	A1B1	Arena de río + hojarasca de cacao + ANA 1
2	A1B2	Arena de río + hojarasca de cacao + agua de coco
3	A1B3	Arena de río + hojarasca de cacao + gel de sábila
4	A1B4	Arena de río + hojarasca de cacao + testigo absoluto
5	A2B1	Tierra amarilla + cascarilla de arroz + ANA 1
6	A2B2	Tierra amarilla + cascarilla de arroz + agua de coco
7	A2B3	Tierra amarilla + cascarilla de arroz + gel de sábila
8	A2B4	Tierra amarilla + cascarilla de arroz + testigo absoluto

Delineamiento del ensayo

La distribución de los tratamientos en el ensayo se detalla en la Tabla 2.

Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 2x4 y 4 repeticiones. Cada repetición estuvo integrada de 35 estacas de las cuales se evaluaron 15. Para la comparación de los tratamientos se empleó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5% de probabilidad.

Los factores a estudiarse fueron los siguientes:

Factor A (sustrato). A_1 = arena de río + hojarasca de cacao (3-1); A_2: tierra amarilla + cascarilla de arroz (3-1).

Tabla 2. Delineamiento del ensayo para estudio de sustratos y enraizantes en Ficus benjamina.

Unidades en el experimento	Detalle
Número de tratamientos	8
Número de repeticiones	4
Número de unidades experimentales	32
Total de plantas	960
Distancia entre unidades experimentales	0,50 m
Distancia entre repeticiones	1 m
Área de unidad experimental	1,4 m^2 (1,4 m x 1 m)
Plantas por unidad experimental	280
Plantas a evaluar por repetición	15
Área total del experimento	84,6 m^2 (9,6 m x 9 m)

Factor B (enraizante): B_1 = **ANA 1** (dosis comercial, 100% puro; con introducción de corte del esqueje dentro del polvo).
B_2 = agua de coco (100% pura para evaluación de poder enraizante; modo de uso con inmersión del esqueje).
B_3 = gel de sábila (50% diluido en agua para obtención de propiedades de fluidez aplicado por medio de inmersión del esqueje).
B_4 = testigo absoluto (esquejes plantados directamente en el sustrato).

Preparación y siembra del material vegetal

Sustratos para el enraizamiento: para asegurar la eliminación de posibles patógenos todos los sustratos utilizados fueron desinfectados con agua caliente.

Material parental: se emplearon plantas de *Ficus benjamina* de aproximadamente 5 años de edad; las mismas que presentaron buenas características de desarrollo y sanidad.

Corte de esquejes: se realizó la manipulación del material vegetativo en horas de la mañana, de modo que se perdiera la humedad requerida en su propagación.

Corte de ramas: se realizó en forma basal dejando 2 nudos por cada esqueje, se marcó la parte en la que se aplicaron los enraizantes, para su posterior siembra en fundas plásticas con su respectivo sustrato.

Obtención de enraizante natural: el agua de coco se extrajo de cocos verdes, el extracto de sábila se obtuvo al extraer el gel de hojas verdes de sábila.

Aplicación de enraizantes: los enraizantes se aplicaron mediante el método de remojo prolongado, a los esquejes de *ficus* se les sumergió en agua de coco durante 30 min para su respectiva siembra, para la sábila efectuó el mismo procedimiento.

ANA 1 (ácido naftalacético): las estaquillas fueron introducidas en la solución solida del producto y de inmediato se ubicaron en el sustrato.

Recolección de datos

Las variables de respuesta fueron evaluadas a los 60 días después de la siembra (DDS). Primeramente, se registró el número de estaquillas prendidas, tomando en cuenta todas las plantas de cada tratamiento (30 plantas). Posteriormente se evaluó el vigor de las plantas en hojas verdes y nuevos brotes de toda la unidad experimental, mediante una escala referencial basada en la prueba de germinación para viveros agroforestales de la Fundación Danac, que fue adaptada de acuerdo con las necesidades de la investigación (Tabla 3).

Tabla 3. Escala para medir el porcentaje de prendimiento y vigor de plantas en viveros forestales.

Código	Categoría	Descripción
0	Mala	Plantas muertas, secas
1	Regular	Número de plantas con hojas verdes y aparición de un brote con un porcentaje inferior a 50%
2	Buena	Número plantas con hojas verdes y aparición de 2 brotes, con un porcentaje igual o mayor al 50%
3	Excelente	Número de plantas verdes y presencia de 2 o más brotes con un 100%

Fuente: (Piñuela *et al.* 2013), adaptada por las personas autoras.

La emisión de brotes se determinó en 15 estaquillas seleccionadas al azar de la parte central de cada unidad experimental (UE). Luego se evaluó la longitud radicular (cm), cuando se midió la raíz más larga en las mismas plantas. Luego se utilizó una balanza electrónica para la determinación del peso fresco (g) de las raíces.

Para efectuar el análisis económico de los tratamientos, se utilizó la relación beneficio/costo (Pérez *et al.* 2009).

$$RBC = \frac{\text{Ingresos totales}}{\text{Costos totales}} - 1$$

Así se determinaron los valores de ingresos netos con base en la productividad del vivero y fueron comparados con los egresos netos del proyecto, los cuales se relacionaron con el mantenimiento del vivero. En todos los casos, se esperaba que el resultado fuera mayor que 1, lo que significaría que los ingresos son superiores a los egresos. Esta relación fue considerada para todos los tratamientos con sus repeticiones, ya que si un tratamiento resulta exitoso en el prendimiento de plantas de ficus con mayor beneficio-costo, ello, con seguridad, traerá consigo un impacto positivo, ya que supone que optimizar**ía** el uso de enraizantes naturales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prendimiento (%)

Al comparar las medias de los tratamientos, que se exponen en la Tabla 4, se observa que la combinación T7 presentó un valor de 54,17% al ser la mejor frente a la combinación T1, que presentó medias de 20% con un coeficiente de variación es de 35,89%.

Tabla 4. Prendimiento a los 60 días de la propagación en un estudio de sustratos y enraizantes en *Ficus benjamina*.

Tratamientos	Prendimiento a los 60 días	Significancia (*)
A1B1: arena de río + hojarasca de cacao + ANA 1	20,00	c
A1B2: arena de río + hojarasca de cacao + agua de coco	26,67	bc
A1B3: arena de río + hojarasca de cacao + gel de sábila	37,50	abc
A1B4: arena de río + hojarasca de cacao (testigo)	35,84	abc
A2B1: tierra amarilla + cascarilla de arroz + ANA 1	29,17	bc
A2B2: tierra amarilla + cascarilla de arroz + agua de coco	41,67	ab
A2B3: tierra amarilla + cascarilla de arroz + gel de sábila	54,17	a
A2B4: tierra Amarilla + cascarilla de arroz (testigo)	25,00	bc
Coeficiente de variación	35,89%	

(*) Las medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

Con los promedios obtenidos, se observó que la combinación de tierra amarilla, cascarilla de arroz y gel de sábila presentó un valor de 54,17% en el prendimiento de las plantas, al ser la mejor respuesta obtenida. Estos datos difieren con un estudio donde la mezcla de suelo y cascarilla de arroz muestra una menor respuesta, debida posiblemente a que el suelo utilizado tuvo una baja concentración de nutrientes necesarios para el crecimiento de raíces, como por ejemplo P y Ca, además, de un pH ácido que limita la disponibilidad de estos elementos (Álvarez 2009).

Si las propiedades físicas edáficas no son adecuadas, la aireación, retención y movimiento del agua son limitados. En este ensayo se evidenció que, al utilizar cascarilla de arroz que favoreció la aireación, no presentó la retención necesaria de humedad para el enraizamiento y crecimiento de las plantas, por lo que debió ser parcialmente quemada (Petitt 2011), para lograr una mejor condición para el sustrato.

Vigor de las plantas

Al realizar las evaluaciones en esta variable (Tabla 5), se determinó que las combinaciones se encuentran en 3 rangos de distribución. La mejor combinación fue el tratamiento A2B3, que presentó valores de 1,13% al ser este valor regular según lo establecido en la escala de la Fundación Danac, cuyo valor difiere estadísticamente con el tratamiento A1B1, que reportó medias de 0,22%, valor determinado como malo por lo antes expresado (Piñuela *et al.* 2013).

Tabla 5. Vigor de las plantas a los 60 días de la propagación en un estudio de sustratos y enraizantes en *Ficus benjamina.*

Tratamientos	Vigor de las plantas a los 60 días	Significancia (*)
A1B1: arena de río + hojarasca de cacao + ANA 1	0,22	c
A1B2: arena de río + hojarasca de cacao + agua de coco	0,38	c
A1B3: arena de río + hojarasca de cacao + gel de sábila	0,86	b
A1B4: arena de río + hojarasca de cacao (testigo)	0,29	c
A2B1: tierra amarilla + cascarilla de arroz + ANA 1	0,30	c
A2B2: tierra amarilla + cascarilla de arroz + agua de coco	0,87	b
A2B3: tierra amarilla + cascarilla de arroz + gel de sábila	1,13	a
A2B4: tierra amarilla + cascarilla de arroz (testigo)	0,31	c
Coeficiente de variación	21,84%	

(*) Las medias con distinta letra presentan diferencias significativas.

Emisión de brotes

Al comparar los promedios obtenidos de los resultados en esta variable (Tabla 6), el tratamiento A2B3 obtuvo un valor de 1,95 al ser diferente estadísticamente en relación con los demás tratamientos. A los 60 días después de la propagación, el comportamiento de las interacciones estableció que existe diferencia significativa, al resultar la combinación mencionada más alta de unidades/brotes o sea, muy superior al tratamiento A1B1 que alcanzó apenas el 46,15% del valor más alto (0,90). Este dato refleja el hecho que la utilización de distintas combinaciones de enraizantes y sustratos sí influyen en el crecimiento y elongación radicular (Figura 1) (Andrade y Moreno 2010).

Tabla 6. Emisión de brotes a los 60 días de la propagación en un estudio de sustratos y enraizantes en *Ficus benjamina*.

Tratamientos	Emisión de brotes a los 60 días	Significancia (*)
A1B1: arena de río + hojarasca de cacao + ANA 1	0,90	d
A1B2: arena de río + hojarasca de cacao + agua de coco	1,28	bc
A1B3: arena de río + hojarasca de cacao + gel de sábila	1,60	ab
A1B4: arena de río + hojarasca de cacao (testigo)	1,30	bc
A2B1: tierra amarilla + cascarilla de arroz + ANA 1	1,15	bc
A2B2: tierra amarilla + cascarilla de arroz + agua de coco	1,48	abc
A2B3: tierra amarilla + cascarilla de arroz + gel de sábila	1,95	a
A2B4: tierra amarilla + cascarilla de arroz (testigo)	1,05	c
Coeficiente de variación	23,27%	

(*) Las medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

Figura 1 Emisión de brotes.

Longitud de raíces

El tratamiento A2B3 alcanzó la mayor longitud de raíces (13,42 cm), mientras que en el tratamiento A1B1 se obtuvo un 70% de dicha medida (9,41 cm). Al proceder al análisis de esta variable se determinó que en los resultados opuestos extremos no existieron diferencias estadísticas (Tabla 7). No obstante, existen estudios donde se plantea que la longitud radicular está influenciada por el sustrato utilizado (Arce 2014).

Tabla 7. Longitud de raíces a los 60 días de la propagación en un estudio de sustratos y enraizantes en *Ficus benjamina*.

Tratamientos	Longitud de raíces a los 60 días	Significancia (*)
A1B1: arena de río + hojarasca de cacao + ANA 1	9,41	a
A1B2: arena de río + hojarasca de cacao + agua de coco	11,14	a
A1B3: arena de río + hojarasca de cacao + gel de sábila	12,56	a
A1B4: arena de río + hojarasca de cacao (testigo)	9,80	a
A2B1: tierra amarilla + cascarilla de arroz + ANA 1	10,46	a
A2B2: tierra amarilla + cascarilla de arroz + agua de coco	12,11	a
A2B3: tierra amarilla + cascarilla de arroz + gel de sábila	13,42	a
A2B4: tierra amarilla + cascarilla de arroz (testigo)	9,78	a
Coeficiente de variación	21,92%	

(*) Las medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

Peso de raíces

Al comparar los promedios obtenidos en el peso de raíz (Tabla 8), se observó que existen diferencias significativas. El tratamiento A2B3 presentó una media con un valor de 10,75 g, por lo que fue mayor que las medias reportadas en las demás combinaciones, donde los tratamientos A1B4 y A2B4 fueron las de menores medias con valores de 25,58% (2,75 g) y 32,55% (3,50 g), respectivamente. Los resultados de esta variable respaldan el hecho de que el desarrollo radicular en los esquejes propagados asexualmente dependerá de las combinaciones de enraizantes y sustratos (Andrade y Moreno 2010).

Tabla 8. Peso de raíces a los 60 días de la propagación en un estudio de sustratos y enraizantes en *Ficus benjamina*.

Tratamientos	Peso de raíces a los 60 días	Significancia (*)
A1B1: arena de río + hojarasca de cacao + ANA 1	4,00	cd
A1B2: arena de río + hojarasca de cacao + agua de coco	4,00	cd
A1B3: arena de río + hojarasca de cacao + gel de sábila	7,25	b
A1B4: arena de río + hojarasca de cacao (testigo)	3,50	d
A2B1: tierra amarilla + cascarilla de arroz + ANA 1	5,75	bc
A2B2: tierra amarilla + cascarilla de arroz + Agua de coco	6,25	b
A2B3: tierra amarilla + cascarilla de arroz + gel de sábila	10,75	a
A2B4: tierra amarilla + cascarilla de arroz (testigo)	2,75	d
Coeficiente de variación	24,13%	

(*) Las medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

Análisis económico

A partir de los resultados obtenidos, los datos de costos de producción, precio a nivel de vivero y los ingresos por venta del producto, para cada tratamiento se calculó la utilidad y la relación beneficio - costo y se utilizó como moneda de referencia, el dólar estadounidense (USD).

1. Cálculo de la utilidad:
   Utilidad = Ingreso bruto – Costo total.
2. Cálculo del beneficio - costo:

$$RBC = \frac{\text{Ingresos totales}}{\text{Costos totales}} - 1$$

Los resultados económicos que se obtuvieron en este análisis, surgieron cuando el precio de la plántula de ficus, a nivel de vivero, está a $ 1,25 USD y con 1000 esquejes propagados como referencia.

El estudio económico de los tratamientos se detalla en la Tabla 9 y muestra que la mayor utilidad $165,10 USD se obtuvo con el tratamiento A2B3 (Tierra amarilla + Cascarilla de arroz + Gel de sábila) con una relación beneficio - costo igual a $ 1,41. El tratamiento de menor ganancia fue A1B1 (Arena de río + Hojarasca de cacao + ANA 1) con una utilidad de $-195,67, que generó una relación beneficio - costo de $0,52 y fue la más baja entre los tratamientos evaluados.

Tabla 9. Análisis económico para un estudio de sustratos y enraizantes en *Ficus benjamina*.

Componentes	Tratamientos							
	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4	A2B1	A2B2	A2B3	A2B4
Esquejes	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
Sustrato (tierra amarilla)	0	0	0	0	2,5	2,5	2,5	2,5
Sustrato (arena de río)	3	3	3	3	0	0	0	0
Sustrato (hojarasca de cacao)	0,75	0,75	0,75	0,75	0	0	0	0
Sustrato (cascarilla de arroz)	0	0	0	0	0,75	0,75	0,75	0,75
ANA 1	1,08	0	0	0	1,08	0	0	0
Agua de coco	0	1,25	0	0	0	1,25	0	0
Sábila	0	0	1	0	0	0	1	0
Fundas	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Cañas	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Malla	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5
Clavos	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Riego	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
Fertilización	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Jornal	9,38	9,38	9,38	9,38	9,38	9,38	9,38	9,38
Total USD/ parcela	48,48	48,65	48,4	47,4	47,98	48,15	47,9	46,9
Total USD/ 1000 esquejes	404,0	405,4	403,3	395,0	399,8	401,3	399,2	390,8
% Prendimiento 1000 esquejes	166,7	222,3	312,5	298,7	243,1	347,3	451,4	208,3
Precio de venta USD/planta	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Ingresos brutos USD/1000 esquejes	208,33	277,81	390,63	373,33	303,85	434,06	564,27	260,42
Utilidad USD/1000 esquejes	-195,67	-127,60	-12,71	-21,67	-95,98	32,81	165,10	-130,42
Relación B/C*	0,52	0,69	0,97	0,95	0,76	1,08	1,41	0,67
Rentabilidad costos de producción (%)**	-48,4	-31,5	-3,2	-5,5	-24,0	8,2	41,4	-33,4

* Análisis económico mediante la relación beneficio – costo.
** Se utiliza como unidad monetaria referencial el dólar estadounidense (USD).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El mejor tratamiento para el enraizamiento de *Ficus benjamina,* mediante el método de propagación asexual, fue el tratamiento A2B3 (Tierra amarilla + Cascarilla de arroz + Gel de sábila). Este tratamiento presentó mejores resultados que los sustratos combinados con la hormona comercial, no solamente en las variables evaluadas, sino también en el estudio económico, pues generó una favorable relación beneficio - costo.

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda combinar la tierra amarilla con la cascarilla de arroz. Este tipo de sustrato, además de ser fácil de conseguir, resulta favorable para el desarrollo de las plantas, ya que tiene condiciones apropiadas de drenaje lo cual filtra el exceso de humedad que perjudica a los esquejes.

LITERATURA CITADA

Agromática. 2013. Tipos de sustratos (en línea). Madrid, España. Consultado 1 de mar. 2019. Disponible en https://www.agromatica.es/tipos-de-sustratos/

Aliaga, M. 2009. Efecto de bioestimulantes en la formación de callos de *Haplorhus peruviana* Engl. para la propagación. Tesis Ing. Huancayo, Perú, Universidad Nacional del Centro del Perú. 100 p.

Álvarez, J. 2009. Propagación asexual de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en diferentes sustratos y a distintos niveles de auxina. Agronomía Colombiana 27(3):341-348.

Andrade, M; Moreno, C. 2010. Influencia del tratamiento UV-C sobre carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada. Revista Enfoque. Universidad Tecnológica Equinoccial 1(1):01-11.

Arce, C. 2014. Efecto comparativo de ácido indolbutírico (AIB) y tipos de sustratos en el enraizamiento de ficus (*Ficus benjamina* L.) a través de acodo aéreo, en el distrito de Morales-San Martín. Tesis Ing. Tarapoto, Perú, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. 81 p.

Benavides, A; Hernández, R; Ramírez, H; Sandoval, A. 2010. Tratado de Botánica Económica. Buenavista, Saltillo, Coah., México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 332 p.

Castro, A. 2010. Uso de la sábila como enraizador de plantas. Biblioteca Agroecología Fundesyram (en línea). San Salvador, El Salvador. Consultado 1 de mar. 2019. Disponible en http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=1614

Colinagro. 2017. Hormonagro 1 (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 1 de mar. 2019. Disponible en http://www.colinagro.com/hormonagro-1/

Cholota, O. 2013. Evaluación de sustratos para el enraizamiento de plántulas de sábila (*Aloe vera*). Tesis Ing. Ambato, Ecuador, Universidad Técnica de Ambato. 79 p.

Espejo, E. 2015. Evaluación de la eficiencia de cuatro enraizadores y dos longitudes de corte para la propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis racemosa* subespecie Triacontandra) a nivel vivero, en el Municipio de El Alto. Tesis Ing. La Paz, Bolivia, Universidad de San Andrés. 112 p.

Floramedia España. 2011. *Ficus benjamina* (en línea). Valencia, España. Consultado 1 de mar. 2019. Disponible en https://www.guiaverde.com/guia-de-plantas/ficus-benjamina-677/

Flores y Plantas. 2017. Hormonas de enraizamiento (en línea). Madrid, España. Consultado 1 de mar. 2019. Disponible en https://www.floresyplantas.net/hormonas-de-enraizamiento/

Gárate, M. 2010. Técnicas de propagación por estacas. Monografía Ing. Pucallpa, Ucayali, Perú, Universidad Nacional de Ucayali. 189 p.

García, M. 2008. El Cocotero, «Árbol de la vida». Revista CitriFrut 25(1):65-77.

Grupo Iñesta. 2018. Enraizantes: estimula el crecimiento natural de las raíces de tu cultivo (en línea). Alicante, España. Consultado 1 de mar. 2019. Disponible en https://www.grupoinesta.com/enraizantes/

Heras, F. 2014. El agua de coco es rica en substancias (hormonas) inductoras del crecimiento en las plantas. Tesis Ing. Machala, Ecuador, Universidad Técnica de Machala. 43 p.

Lucero, L. 2014. Propagación asexual del litchi (*Nephelium litchi* Camb.) mediante diferentes técnicas de acodo aéreo, con tres enraizadores (hormona, agua de coco y miel) en la Estación Experimental de Sapecho - Alto Beni. Tesis Ing. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés. 102 p.

Llerena, E. 2011. Comportamiento de dos genotipos de Tomate Riñón *Lycopersicum esculentum* Mill en diferentes sustratos hidropónicos en Yuyucocha. Tesis Ing. Ibarra, Ecuador, Universidad Técnica del Norte. 70 p.

Mahecha, G. 2010. Arbolado urbano de Bogotá: Identificación, descripción y bases para su manejo. Bogotá, Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., Secretaría Distrital de Ambiente, SDA - Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. 83 p.

Martínez, A; Moreno, C; Pavón, N. 2015. Comunidades de fauna y descomposición de la hojarasca en un bosque de pino-encino. Revista Bosque 36(1):81-93.

Mesén, F. 1998. Establecimiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. 37 p.

Millán, M; Márquez, J. 2014. Propagación por estaca de las especies nativas: *Dipteryx panamensis* y *Peltogyne pubescens* usando diferentes tipos de enraizantes mediante el uso del propagador de subirrigación. Tesis Magister. Manizales, Colombia, Universidad de Manizales. 105 p.

Pérez, L; Ríos, C; Román, D. 2009. Qué es Relación Beneficio Costo (R B/C) (en línea). Puebla, México. Consultado 1 de mar. 2019. Disponible en http://www.agroproyectos.org/relacion-beneficio-costo/

Petitt, E. 2011. Caracterización química de un suelo y tres mezclas de sustrato en rosa (*Rosa hybrida*) variedad Charlote en un sistema de cultivo a solución perdida. Tesis Magister. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 226 p.

Piñuela, A; Guerra, Á; Pérez, E. 2013. Guía para el establecimiento y manejo de viveros agroforestales. San Javier-Yaracuy, Venezuela: Fundación para la Investigación Agrícola Danac. 40 p.

Quinto, L; Martínez, P; Pimentel, L; Rodríguez, D. 2009. Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 15(1):23-28.

Rodríguez, H; Hechevarría, I. 2004. Efectos estimulantes del crecimiento de extractos acuosos de plantas medicinales y gel de *Aloe vera* (L.) N. L. Burm. Revista Cubana de Plantas Medicinales 9(2). Consultado 2 de sep. 2019. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962004000200006&lng=es&tlng=es

Rosales, C. 2016. Ficus benjamina (en línea). Madrid, España. Consultado 1 de mar. 2019. Disponible en https://www.todo-ficus.net/benjamina/

Sánchez de Lorenzo, J. 2015. Ficus benjamina (en línea). Santa Cruz de Tenerife, España. Consultado 1 de mar. 2019. Disponible en http://www.arbolesornamentales.es/Ficus%20benjamina.pdf

Soto, L; Mata, J; Vargas, J; González, H; Cetina, V. 2006. Efecto de diferentes dosis de AIB sobre el enraizamiento de *Ficus benjamina* L. en diferentes épocas del año. Ra Ximhai. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sostenible 2(3):795-814.

Todos los derechos reservados. Universidad de Costa Rica. Este artículo se encuentra licenciado con Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica. Para mayor información escribir a rac.cia@ucr.ac.cr