



Propagación vegetativa de rosa: efecto del sustrato, luminosidad y permanencia de la hoja

Vegetative propagation of rose: effects of substrate, light and leaf persistence

Raúl Cárdenas-Navarro¹ y Luis López-Pérez^{1,*}

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Unidad POSTA-UMSNH, Km. 9.5 Carretera Morelia Zinapécuaro, CP. 58880. Tarimbaro, Michoacán, México.

Recibido 28 septiembre 2011; aceptado 20 diciembre 2011

Resumen

La rosa es sin lugar a dudas la principal especie florícola de corte a nivel mundial. Ante el incremento de la producción de este cultivo en sistemas hidropónicos, se requieren técnicas de propagación que sean eficientes, económicas y que produzcan poblaciones homogéneas. El éxito en la propagación, dependerá de la combinación de los factores endógenos y exógenos que influyen en el enraizamiento. En este trabajo se evaluó el efecto de diferentes tipos de sustratos (turba, agrolita, vermiculita, una mezcla 1:1 v/v de turba-vermiculita y dos mezclas 1:1 y 1:3 v/v de grava-fibra de coco), el nivel de luminosidad (548 y 274 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) y la permanencia de la hoja (0, 5, 10, 15, 20 y 25 días después del establecimiento), sobre el enraizamiento de esquejes de rosa cultivar 'Dallas'. Los resultados mostraron que, la vermiculita fue el sustrato donde se obtuvo el mayor número de esquejes vivos y enraizamiento (60%). La luminosidad, permanencia de la hoja y su interacción, resultaron ser significativos ($P < 0.05$). La mayor supervivencia y desarrollo de raíces adventicias se observó en el nivel con luminosidad con 548 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ y con mayor duración de la hoja en el esqueje. Se observó que independientemente del nivel de luminosidad si la hoja duraba menos de 10 días, los esquejes se necrosaban y morían. También, a mayor duración de la hoja, la longitud de la raíz se incrementó pero el desarrollo de la yema disminuyó. Así, bajo nuestras condiciones, para lograr un buen porcentaje de enraizamiento se debe usar vermiculita como sustrato, con una buena luminosidad y evitar la abscisión foliar durante los primeros 15 días de incubación.

Palabras clave: rosa híbrida, raíces adventicias, sustratos, retención de hoja.

Abstract

The establishing of roses in hydroponic systems implies development propagation techniques that are efficient, economical and that produce homogeneous populations in a short time. In this work, were evaluated the effects of different substrates (peat, agrolite and vermiculite, a 1:1 v/v mixture of peat and vermiculite and two 1:1 v/v and 1:3 v/v mixture of gravel and coconut fiber); two levels of light (548 y 274 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) and leaf persistence on cutting (0, 5, 10, 15, 20 y 25 days after establishment) on rooting, root and axial bud developments of commercial variety of rose. The vermiculite had the best results, showed the highest number of cuttings alive and rooting percentage (60%). The light levels, leaf persistence as the interaction, were also significant. The highest rooting percentage, longer roots and better axial bud development was found with 548 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Regarding leaf persistence on cutting was found that less than 10 days, the cuttings become necrotic and eventually died. There was also an inverse effect on root and bud development when the leaf persists more days, the root length was increased but axial bud decreased. In conclusion, for enhanced cuttings rooting success of rose, is required use vermiculite as substrate, with good light and leaf persists on cutting at least 15 days.

Keywords: Rose hybrid, adventitious rooting, substrates, leaf retention.

* Autor para correspondencia

Email: lexquilax@yahoo.com.mx (Luis López)

1. Introducción

La rosa es la principal flor de corte, su alto valor económico ha hecho de éste el cultivo ornamental más importante a nivel mundial (Phillips y Rix, 2004 a y b). Solamente en el valle de San Joaquín en los Estados Unidos, se producen aproximadamente 30 millones de plantas anualmente en 650 hectáreas cultivadas (Karlik *et al.*, 2001) y en la región asiática año con año se incrementa la producción (Park *et al.*, 2011). Una de los principales métodos de propagación del rosal es por enraizamiento de estacas o “esquejes” (Gudin *et al.*, 2001; Wisniewska-Grzeszkiewicz y Podwyszynska, 2001; Costa y Challa, 2002). El éxito en la propagación por medio de este método, depende de la combinación de factores endógenos y exógenos (Hartmann *et al.*, 2001). Entre los primeros es necesario considerar la cantidad y calidad del follaje y su capacidad fotosintética, ya que la producción de fotoasimilados que produzcan durante el enraizamiento será determinante en éxito de la propagación (Gillman y Zlesak 2000; Cameron *et al.*, 2001; Costa *et al.*, 2001; Costa y Challa, 2002; Tchoundjeu *et al.*, 2002). Así también, los factores que afecten la fotosíntesis como el nivel de luminosidad influirán en el enraizamiento (Lloret y Casero, 2002; Reich, 2002; Park *et al.*, 2011). Gutierrez y Meinzer (1994) mencionan que, estacas de café bajo niveles reducidos de luz disminuyeron su porcentaje de enraizamiento debido a una reducción en el intercambio de carbono, baja conductancia estomática y reducción del tejido mesófilo. Eliasson y Brunen (1980) y Yues y Margolis (1993) reportaron que altos niveles de luminosidad incrementaron la temperatura, provocando un aumento en el nivel de transpiración y el cierre estomático por lo que no hubo fijación de carbono y se redujo el enraizamiento. Por su parte, Mesén *et al.* (2001) trabajando con *Cordia alliodora* mencionan que a medida que se incrementó la intensidad luminosa o la

duración del fotoperíodo se tuvo un aumento de la capacidad fotosintética de la hoja y el enraizamiento. Específicamente para rosal, Park *et al.* (2011) reportaron un aumento en el porcentaje de enraizamiento de estacas de rosal a mayores niveles de luminosidad. Entre los factores exógenos el medio de propagación o sustrato, afecta la capacidad de enraizamiento dependiendo de sus propiedades químicas y físicas principalmente. Existen numerosos estudios comparativos entre distintos sustratos donde demuestran que, bajo condiciones similares de propagación diferentes especies tienen preferencias por un determinado sustrato y no siempre suele ser el mismo. La principal diferencia entre los sustratos es su capacidad de retención de agua y por consecuencia su relación aire:agua. Esta es determinante el espacio de aire de los sustratos ya que, abastecerá el oxígeno necesario para la respiración (Hartmann *et al.*, 2001; Tchoundjeu *et al.*, 2002). Por otro lado, la mayoría de la información disponible sobre este método de propagación en el rosal ha sido generada usando como planta modelo al garambuyo o al rosal silvestre (principal portainjerto del rosal cultivado). Estas especies se caracterizan por tener una mayor rusticidad y por lo tanto un potencial de enraizamiento superior al de las variedades mejoradas. En consecuencia, es necesario generar métodos adaptados a las variedades mejoradas. Por lo que este trabajo tuvo como objetivo, evaluar el efecto de diferentes sustratos, la intensidad luminosa y la permanencia de la hoja en el esquejes sobre, la capacidad de enraizamiento de un cultivar comercial de rosa.

2. Materiales y métodos

Condiciones de propagación y material vegetal

El estudio se realizó en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San

Nicolás de Hidalgo (19°42' N, 1012°11' W, 1941 m.s.n.m.) en Michoacán, México. Los experimentos fueron realizados en una cámara climatizada construida con plástico translucido calibre 700, provista de un sistema de nebulización conformado por un humidificador (Trion, 707 Series) y un sensor de humedad (Higrostat®) que permitió establecer la humedad relativa constante en 80 % durante 25 días. Se empleó un fotoperíodo de 12 horas (PPFD), con una temperatura máxima y mínima de 30°C y 14°C (fotoperíodo / escotoperíodo, respectivamente). Se seleccionaron vástagos de aproximadamente 1 m de longitud en estado de floración, a partir de una plantación comercial de rosa cultivar 'Dallas' establecida bajo túnel en la comunidad de "Benito Juárez" (Villa Madero, Michoacán). Se escogieron aquellos que no presentaran síntomas visibles de enfermedades o malformación del tallo y que estuviesen en estado de comercialización. De la parte media se cortaron secciones de aproximadamente 7 cm de longitud, obteniéndose entre 3 y 4 esquejes cada uno con una yema axial y hoja sana. Los esquejes se sumergieron (a excepción de su parte basal), en una solución de Benomil 50% (1gL^{-1}) por un minuto y para retirar el exceso de solución se sacudieron cuidadosamente. A fin de promover el enraizamiento adventicio, los esquejes fueron sometidos a un pretratamiento sumergiéndose su base en una solución acuosa de ácido indol-3-butírico (IBA, 500 ppm) durante un minuto y posterior transferencia a recipientes de plástico negro (6 x 6 x 6 cm). Finalmente, el corte superior fue sellado con cera para evitar su deshidratación.

Experimento 1: Efecto de diferentes sustratos sobre el enraizamiento de esquejes de rosa

Se utilizaron los siguientes sustratos para la propagación, Turba (T), Agrolita (A), Vermiculita (V), una mezcla de Turba-Vermiculita (1:1 v/v) (TV50:50) y dos

mezclas de Grava-Fibra de coco (1:1 v/v) (GF50:50) y (1:3 v/v) (GF25:75). El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por 10 macetas. Previo a la plantación, los sustratos fueron regados con agua desionizada hasta drenar y posteriormente se plantaron los esquejes, manteniéndose este régimen hasta finalizar el experimento. Transcurridos 25 días del establecimiento (dde), se procedió a cuantificar la supervivencia de los esquejes, porcentaje de esquejes con raíces adventicias mayores a 2 cm y desarrollo de la yema, considerando aquellas que tuvieran como mínimo una longitud mayor a 4 cm.

Experimento 2. Efecto de diferentes niveles de luminosidad y permanencia de hoja en el esqueje sobre el enraizamiento de rosa

Utilizando las condiciones ambientales y metodológicas idénticas al experimento anterior, se escogió el uso de vermiculita a fin de evaluar la interacción de niveles de luminosidad (50 y 100% PPFD) y permanencia de la hoja sobre el proceso morfogénico. La permanencia de la hoja consistió en mantener la hoja del esqueje por 0, 5, 10, 15, 20 y 25 días a partir del establecimiento. A la fecha establecida la hoja completa fue retirada manualmente. El diseño experimental utilizado fue un factorial con cuatro repeticiones y la unidad experimental estuvo conformada por 10 macetas. A los 25 dde, se evaluaron las mismas variables que en el primer experimento.

Análisis estadístico

Con los valores obtenidos por unidad experimental, se realizó un análisis estadístico para determinar la significancia de los efectos principales y de la interacción en el caso del segundo experimento siguiendo el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute, 1998). Las variables expresadas en porcentaje, fueron

transformadas con la función arcsen (Steel y Torrie, 1988) antes del análisis de varianza y después los valores medios se transformaron en las unidades originales. En aquellos factores donde hubo significancia, se realizaron pruebas de comparación de medias bajo la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95%.

3. Resultados y discusión

El enraizamiento de esquejes de especies leñosas, es regulado por una combinación de procesos fisiológicos tanto de las hojas como de la porción de tallo de la estaca, por factores medio ambientales y las condiciones de propagación. Por lo que, una combinación óptima de estos factores favorecerá el éxito de la propagación. Dick y Dewar (1992), modelaron estos factores y mencionaron que las condiciones óptimas son aquellas que maximizan la capacidad de incrementar la disponibilidad de carbohidratos en la base del esqueje. Esto depende entre otras cosas, de la actividad fotosintética y de la condición de estrés fisiológico en que se encuentre la estaca durante el enraizamiento. En éste trabajo, se abordaron tres aspectos que se relacionan con lo mencionado anteriormente como son, la hoja del esqueje, la luminosidad y el sustrato de enraizamiento.

Efecto del sustrato

El análisis de los resultados mostró un efecto significativo del tipo de sustrato sobre el porcentaje de supervivencia ($P < 0.05$) a los 25 dde. En la vermiculita, agrolita y la mezcla turba-vermiculita se obtuvo más del 50% de esquejes vivos, siendo la vermiculita el sustrato donde se encontró el mayor porcentaje (72%). En el resto de los sustratos, no sobrevivió ni el 50% y en las mezclas de grava-fibra de coco en sus diferentes proporciones se observó en promedio solo un 33% de supervivencia (Figura 1).

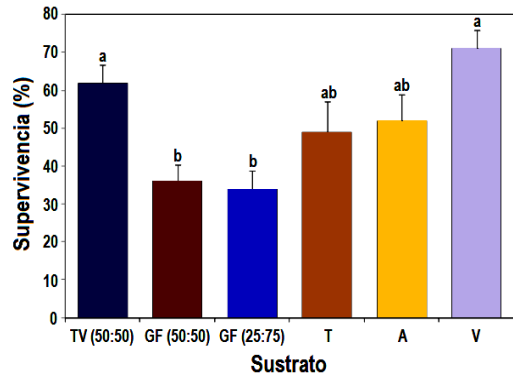


Figura 1. Efecto del tipo de sustrato sobre el porcentaje de esquejes vivos, transcurridos 25 días de incubación. Columnas con diferentes letras indican diferencias significativas (Tukey $P < 0.05$). Medias \pm error estándar. Abreviaciones: T = Turba, A = Agrolita, V = Vermiculita, TV50:50 = Mezcla de Turba-Vermiculita (1:1 v/v), GF50:50 y GF25:75 = Mezclas de Grava-Fibra de coco 1:1 v/v y 1:3 v/v respectivamente.

Respecto al desarrollo de raíces adventicias de los esquejes transcurridos 25 días de incubación, se encontró en la vermiculita el mayor porcentaje de esquejes con raíces mayores de 2 cm (60%, con 23% de mortalidad y 17% sin raíces). Las mezclas turba-vermiculita 1:1 y la mezcla grava-fibra de coco 1:1, no mostraron diferencias significativas entre ellos y en promedio obtuvieron un 15% de raíces (58% de mortalidad y 27% sin raíces). En los sustratos turba y la mezcla grava-fibra de coco 1:3, ninguna estaca mostró formación de raíces adventicias (87% de mortalidad y 13% sin formación de raíces) (Figura 2).

Para el desarrollo de la yema, nuevamente en la vermiculita fue donde se encontró la mayor longitud 4.4 cm. Los demás sustratos no mostraron diferencia significativa entre ellos y la longitud promedio alcanzada fue de 0.9 cm (Figura 3).

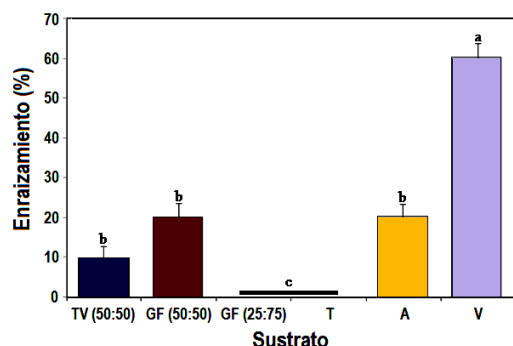


Figura 2. Efecto del tipo de sustrato sobre el porcentaje de enraizamiento de esquejes, transcurridos 25 días de incubación. Columnas con diferentes letras indican diferencias significativas (Tukey $P < 0.05$). Medias \pm error estándar. Abreviaciones: T = Turba, A = Agrolita, V = Vermiculita, TV50:50 = Mezcla de Turba-Vermiculita (1:1 v/v), GF50:50 y GF25:75 = Mezclas de Grava-Fibra de coco 1:1 v/v y 1:3 v/v respectivamente.

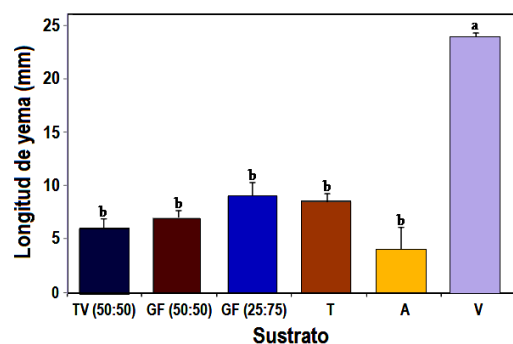


Figura 3. Efecto del tipo de sustrato sobre la longitud de la yema, transcurridos 25 días de incubación. Columnas con diferentes letras indican diferencias significativas (Tukey $P < 0.05$). Medias \pm error estándar. Abreviaciones: T = Turba, A = Agrolita, V = Vermiculita, TV50:50 = Mezcla de Turba-Vermiculita (1:1 v/v), GF50:50 y GF25:75 = Mezclas de Grava-Fibra de coco 1:1 v/v y 1:3 v/v respectivamente.

En nuestro caso las supervivencias menores al 50% en las diferentes mezclas de grava-fibra de coco y agrolita, pudieron ser causadas a su baja capacidad de retención de agua (33.96% volumen, en promedio para las mezclas y 13% volumen para la agrolita). Esta característica física

en particular pudo provocar un déficit hídrico en los esquejes ocasionando su muerte. Mateja *et al.* (2007) y Puri y Thompson (2003) mencionan que los esquejes son propensos al estrés hídrico hasta que las raíces son formadas y permitan la captación y absorción de agua para el mantenimiento de la turgencia celular y el desarrollo de nuevas raíces. La turba, vermiculita y la mezcla turba-vermiculita al tener una mayor capacidad de retención de humedad (48, 45 y 46.5% volumen, respectivamente) podría explicar el aumento en el número esquejes vivos. Sin embargo, en la turba y la mezcla turba-vermiculita, esto no se vio reflejado con un aumento en el desarrollo de raíces adventicias o la yema. El sustrato que mejores resultados mostró bajo nuestras condiciones fue la vermiculita y pudo deberse a su buena relación entre retención de agua y aeración (51% volumen). Nguyen *et al.* (1999) y Mills *et al.* (2009), propagando jobo y café respectivamente mencionaron que el éxito en el desarrollo de la raíz se debió en parte a la buena capacidad de aeración del sustrato. Por su parte Mesén *et al.* (1997) encontraron que en *Cordia alliodora*, la conductancia estomática fue mayor en grava y arena que en aserrín, sugiriendo que el mayor contenido de agua del aserrín inhibía la difusión de oxígeno y que la anoxia causaba muerte del tejido y una reducción en la absorción de agua.

Efecto de la luminosidad y permanencia de la hoja

Transcurridos 25 días de incubación se observó un efecto significativo de la luminosidad ($p < 0.05$), la permanencia de la hoja ($p < 0.01$) y su interacción ($P \leq 0.001$) sobre las variables evaluadas. Para el porcentaje de supervivencia se obtuvo un 72% en el nivel con mayor luminosidad ($548 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Se observó un incremento lineal en el número de esquejes vivos durante los primeros 10 días (Tabla 1). A partir de esta fecha, todos se mantuvieron vivos hasta el final del

ensayo. Para el nivel con luminosidad de $274 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ se obtuvo un 41% de supervivencia y se observó que solo hasta que la hoja se mantuvo por 10 días, hubo esquejes vivos (16%). Sin embargo, no alcanzó los porcentajes observados en el nivel con mayor luminosidad; solo cuando la hoja se dejó hasta el final se tuvo el 100% de supervivencia. Finalmente, en ambos niveles se observó que cuando a los esquejes se les quitaba o perdían la hoja (muerte o daño) durante los primeros 10 días de la propagación, se necrosaban y terminaban muriendo. En cuanto al desarrollo de raíces adventicias, se observó un mayor porcentaje en el nivel con mayor luminosidad a medida que la hoja duró más tiempo (Tabla 1). En este nivel esquejes que mantuvieron la hoja por 10, 15 y 20 días, desarrollaron en promedio raíces adventicias de 22.87, 37.96 y 41.66 mm respectivamente. Los que la mantuvieron hasta el final, el total de ellos desarrollaron raíces en promedio de 66.3 mm. Por su parte el nivel con luminosidad de $274 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, mostró una tendencia similar al nivel anterior. Sin embargo, el porcentaje de esquejes con raíces adventicias disminuyó considerablemente. Las longitudes alcanzadas en este nivel fueron de 37.8 y 52.3 mm a los 20 y 25 días respectivamente, pero solo en el 60% de los esquejes. Respecto a la yema en el nivel con mayor luminosidad no se observó desarrollo a los 0 y 5 días de permanencia de la hoja. A partir del día 10, la yema comenzó a crecer y se observó en el 100% de los esquejes. Sin embargo, la longitud disminuyó conforme se dejó más tiempo la hoja (Tabla 1). En promedio se alcanzó 28.12, 26.11 y 23.34 mm a los 10, 15 y 20 días respectivamente. Cuando se dejó la hoja hasta el final del ensayo, la yema solo alcanzó 5.66 mm. Para el nivel con $274 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, se encontró una disminución del porcentaje de esquejes con desarrollo de yema. Se observó crecimiento hasta el día 15 con una longitud promedio de 13.11 mm, pero únicamente en el 33% de esquejes. Cuando

la hoja se dejó hasta el final, la longitud alcanzada fue de 4.84 mm en el 67% de estacas (Tabla 1).

Tabla 1

Porcentaje de supervivencia, desarrollo de raíces adventicias y de la yema en esquejes con diferentes niveles de luminosidad y permanencia de hoja, evaluados a los 25 días de incubación.

Factor	Supervi- vencia (%)	Porcentaje de esquejes con:	
		Raíces adventicias	Desarrollo de brote
Luminosidad ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)			
548	72 a	42 a	72 a
274	42 b	18 b	25 b
Duración de hoja (días)			
0	0 c	0 c	0 c
5	16 c	0 c	17 bc
10	50 b	8 c	50 ab
15	75 ab	33 bc	67 a
20	91 a	49 b	75 a
25	100 a	88 a	83 a
Interacción (Luminosidad x Duración de hoja)			
548 x 0	0 d	0 d	0 d
548 x 5	33 b	0 d	33 c
548 x 10	100 a	16 c	100 a
548 x 15	100 a	67 b	100 a
548 x 20	100 a	67 b	100 a
548 x 25	100 a	100 a	100 a
274 x 0	0 d	0 d	0 d
274 x 5	0 d	0 d	0 d
274 x 10	16 c	0 d	0 d
274 x 15	50 b	0 d	33 c
274 x 20	83 ab	32 c	50 b
274 x 25	100 a	75 ab	67 b

^z Para cada factor, las medias con la misma letra por columna son iguales estadísticamente (Tukey $p < 0.05$).

Con los resultados anteriores se confirmó lo reportado por otros autores que mencionan que la luz y las hojas, son factores que determinan en gran parte el enraizamiento de estacas (Gillman y Zlesak, 2000; Cameron *et al.*, 2001; Costa y Challa, 2002). En nuestro caso, esquejes que mantuvieron su hoja por más tiempo y con mayor luminosidad, mostraron una mayor supervivencia y desarrollo de raíces adventicias. Este incremento podría ser atribuido al efecto positivo de la luz sobre la capacidad fotosintética de las hojas. Se sabe que el enraizamiento y mortalidad de esquejes está altamente relacionado con la fotosíntesis, pues los fotosíntatos producidos por las hojas, estarían siendo dirigidos a la base del esqueje para la

producción de raíces (Gillman y Zlesak, 2000; Bradley *et al.*, 2002). En rosal se ha reportado que, cuando se enraízan esquejes sin hojas y aumentando la concentración de auxinas promotoras del enraizamiento los esquejes no logran sobrevivir (Costa *et al.*, 2001). El hecho de encontrar un mayor enraizamiento a mayor luminosidad, resultaría ser ventajoso en aquellos esquejes que mantuvieron por más días su hoja debido a que, probablemente se mantendrían más tiempo fijando CO₂. Existen trabajos donde mencionan que, el grado de asimilación de CO₂ se correlaciona positivamente con la aparición y tamaño de las raíces (Woltering, 1990; Wardrop *et al.*, 1997). Por lo que, a medida que se desarrollan las raíces, mayor será la tasa fotosintética (Humphries y Thorne, 1964). Similares resultados se han reportado, para otras especies propagadas vegetativamente (Dick y Dejar, 1992; Leakey y Storentont, 1992). En el caso particular de esquejes de rosal Costa y Challa (2002) reportaron que, al incrementarse la intensidad luminosa, tanto el número de raíces por esqueje como el porcentaje de enraizamiento se incrementaron considerablemente. Resultados similares reportaron Gislerød *et al.* (1997) y Bass *et al.* (1997) propagando rosa en medios acuosos.

Por otro lado, el necrosamiento y posterior muerte de esquejes observado en donde la hoja duró menos de 10 días, pudo deberse a la falta de un sistema radical desarrollado y a la falta de fotosintatos que pudieran estar produciendo las hojas. Lo cual confirmaría que estos estarían limitando en gran medida el enraizamiento. Costa y Challa (2002) observaron la muerte total de esquejes de rosal cuando se les retiró o cubrió por completo la hoja. Tarragó *et al.* (2005) reportaron que el ennegrecimiento y la consecuente muerte de estacas de yerba mate, mostró una estrecha relación con la retención del área foliar en función del tiempo. En nuestro caso, cuando la hoja permaneció 20 días potencializó el desarrollo de raíz y yema. Sin embargo, a

partir de este momento, la hoja tuvo un efecto inverso en el desarrollo de estos órganos.

Finalmente, se realizó una comparación entre el crecimiento de raíces y yema, en función de la duración de la hoja en el nivel con mayor luminosidad (Figura 4). La prueba se realizó a partir del día 10, pues anterior a este no hubo esquejes vivos. El análisis mostró que la duración de la hoja tuvo un efecto inverso en el desarrollo de estos órganos. Para la raíz, a mayor duración de la hoja mayores longitudes, pero al mismo tiempo, la yema disminuyó gradualmente hasta el día 20 y a los 25 prácticamente no mostró crecimiento.

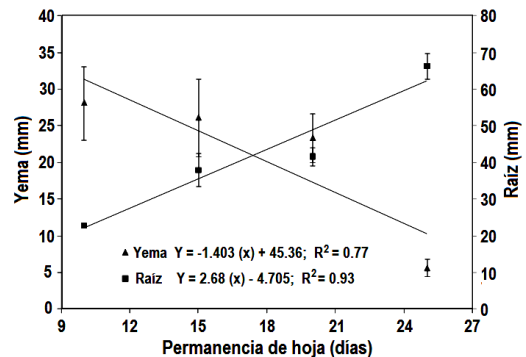


Figura 4. Efecto de la permanencia de hoja sobre el desarrollo de raíces adventicias y yema con luminosidad de $548 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Cada punto representa el promedio de esquejes vivos a los 25 de incubación \pm error estándar.

4. Conclusiones

Con los resultados encontrados en este trabajo se puede concluir que, la vermiculita resultó ser el mejor sustrato de enraizamiento ya que, se obtuvo el mayor porcentaje de supervivencia y desarrollo de raíces adventicias y yema comparado con los otros sustratos. La luminosidad y la permanencia de la hoja, tuvieron un efecto sinérgico positivo en la producción de raíz. En el nivel con mayor luz y más días de duración la hoja se lograron raíces más largas y mayor número de esquejes vivos, en comparación con el tratamiento con

menor luminosidad o cuando la hoja duraba menos de 10 días. El hecho de que los esquejes pierdan su hoja en etapas tempranas de la propagación, ocasiona que no sobrevivan. Finalmente, para lograr una buena propagación vegetativa de rosales comerciales, es necesario que se realice utilizando vermiculita como sustrato de enraizamiento, con una buena iluminación y que los esquejes mantengan su hoja.

Referencias

- Bass, R.; Van den berg, D.; Gislørød, H. R. 1997. Do roots of rose cuttings suffers from oxygen deficiency during propagation in rock wool? *Acta Horticulturae* 450: 123-131.
- Bradley, R. D.; Blazich, A. F.; Goldfarb, B.; Wise, C. F. 2002. Nitrogen nutrition of hedged stock plants of Loblolly Pine. II. Influence of carbohydrates and nitrogen status on adventitious rooting of stem cuttings. *New Forest* 24: 53-65.
- Cameron, R. W. F.; Harrison-Murray, R. S.; Van campfort, K.; Kesters, K.; Knight, J. L. 2001. The influence of branches and leaf area on rooting and development of *Cotinus coggygia* cv Royal Purple cuttings. *Annals of Applied Biology* 139: 155-164.
- Costa, J. M.; Challa, H.; Van Meeteren, U.; Van De Pol, P. A. 2001. Photosynates: Mainly stored and yet limiting in propagation of rose cuttings. *Acta Horticulturae* 547: 167-174.
- Costa, J. M.; Challa, H. 2002. The effect of the original leaf area on growth of softwood cuttings and planning material of rose. *Scientia Horticulturae* 95: 111-121.
- Dick, J. M.; Dejar, R. C. 1992. A mechanistic model of carbohydrate dynamics during adventitious root development in leafy cuttings. *Annals of Botany* 70: 371-377.
- Eliasson, L.; Brunes, L. 1980. Light effects on root formation in aspen and willow cuttings. *Physiology Plantarum* 48: 261-265.
- Gislørød, H. R.; Bass, R.; Warmenhoven, M.; Van den berg, D. 1997. Effect of aeration on rooting and growth of roses. *Acta Horticulturae* 450: 113-122.
- Gillman, J. H.; Zlesak, D. C. 2000. Mist applications of sodium silicate to rose (*Rosa* L. x "Nearly Wild") cuttings decrease leaflet drop and increase rooting. *HortScience* 35: 773-778.
- Gudin, S.; Massot, N.; Lorenzini, C. 2001. Shoot production of rose cuttings rooted bi-laterally and planted horizontally. *Acta Horticulturae* 547: 141-146.
- Gutierrez, M. V.; Meinzer, F. C. 1994. Carbon isotope discrimination and photosynthetic gas exchange in coffee hedgerows during canopy development. *Australian Journal of Plant Physiology* 21: 207-219.
- Hartmann, H. T.; Kester, D. E.; Geneve, R. L.; Davies, F. T. 2001. *Plant propagation: principles and practices*. Seventh edition. Prentice Hall, Inc, New Jersey. 880 pp.
- Humphries, E. C.; Thorne, G. N. 1964. The effect of root formation on photosynthesis of detached leaves. *Annals of Botany* 28: 392-400.
- Karlik, J. F.; Becker, J. O.; Schuch, U. K. 2001. Bareroot rose production with underground drip irrigation. *Acta Horticulturae* 547: 221-226.
- Leakey, R. R. B.; Storeton, W. R. 1992. The rooting ability of *Triplochiton cleroxylon* cuttings: the interactions between stockplant irradiance, light quality and nutrients. *Forest Ecology and Management*. 49: 133-150.
- Lloret, G. P.; Casero, J. P. 2002. Lateral root initiation. In: Waisel, Y.; Eshel, A.; Kafkafi, U. (eds) *Plants roots. The hidden half*: 127-156. Marcel Dekker, INC. New York.
- Mateja, S.; Dominik, V.; Franci, S.; Gregor, O. 2007. The effects of a fogging system on the physiological status and rooting capacity of leafy cuttings of woody species. *Trees* 21: 491-496.
- Mesén, F.; Newton, A. C.; Leakey, R. R. B. 1997. Vegetative propagation of *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavon) Oken: the effects of IBA concentration, propagation medium and cutting origin. *Forest Ecology and Management* 92: 45-54.
- Mesén, F.; Leakey, R. R. B.; Newton, A. C. 2001. The influence of stockplant environment on morphology, physiology and rooting of leafy stem cuttings of *Albizia guachapele*. *New Forest* 22: 213-227.
- Mills, D.; Yanqing, Z.; Benzioni, A. 2009. Effect of substrate, medium composition, irradiance and ventilation on jojoba plantlets at the rooting stage of micropropagation. *Scientia Horticulturae* 121: 113-118.
- Nguyen, Q. T.; Kozai, T.; Nguyen, U. V. 1999. Effects of sucrose concentration, supporting material and number of air exchanges of the vessel on the growth of in vitro coffee plantlets. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 58: 51-57.
- Park, S. M.; Won, E. J.; Park, Y.G.; Jeong, B. R. 2011. Effects of node position, number of leaflets left, and light intensity during cutting propagation on rooting and subsequent growth of domestic roses. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 52: 339-343.
- Phillips, R.; Rix, M. 2004 a. *The ultimate guide to roses*. Editorial Macmillan. New York, USA. 657 pp.
- . 2004 b. *Best Rose Guide. A Comprehensive Selection*. Editorial RifeBooks. New York, USA. 648 pp.
- Puri, S.; Thompson, F. B. 2003. Relationship of water to adventitious rooting in stem cuttings of *Populus* species. *Agroforest System* 58: 1-9.
- Reich, B. P. 2002. Root-shoot relations: Optimality in acclimation and adaptation or the "Emperor's New Clothes"? In: Waisel Y, Eshel A y Kafkafi U (eds). *Plants roots. The hidden half*: 205-220. Marcel Dekker, INC. New York.
- SAS Institute. 1998 *SAS user's guide: statistics*. Release 6.03 Ed. SAS Institute, Inc. Cary, USA.

- Steel, R. G. D.; Torrie, J. H. 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Segunda Edición, McGraw-Hill, México. 622 pp.
- Tarragó, J.; Sansberro, P.; Filip, R.; López, P.; González, A.; Luna, C.; Mroginski, L. 2005. Effect of leaf retention and flavonoids on rooting of *Ilex paraguariensis* cuttings. *Scientia Horticulturae* 103: 479-488.
- Tchoundjeu, Z.; Avana, M. L.; Leakey, R. R. B.; Simons, A. J.; Assah, E.; Buguma, B.; Bell, J. M. 2002. Vegetative propagation of *Prunus Africana*: effects of rooting medium, auxin concentrations and leaf area. *Agroforestry Systems* 54: 183-192.
- Wardrop, J.; Lowe, K. C.; Davey, M. R.; Marchant, R.; Power, J. B. 1997. Carbon dioxide-gassed fluorocarbon enhances micropropagation of rose (*Rosa chinensis* Jacq.). *Plant Cell Reports* 17: 17-21.
- Wisniewska-Grzeszkiewicz, H.; Podwyszynska, M. 2001. Propagation of ground cover roses by tissue cuttings and tissue culture. *Acta Horticulturae* 547: 371-373.
- Woltering, E.J. 1990. Beneficial effects of carbon dioxide on development of gerbera and rose plantlets grown in vitro. *Scientia Horticulturae* 44: 341-345.
- Yues, D.; Margolis, H. A. 1993. Photosynthesis and dark respiration of black spruce cuttings during rooting in response to light and temperature. *Canadian Journal of Forest Research* 23: 1150-1155.