

**EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA
MEDIANTE ESQUEJES EN LULO SILVESTRE *Solanum hirtum* Vahl, *S.
marginatum* L.f., *S. sessiliflorum* Dun, *S. mammosum* L. Y *S. umbellatum* Mill.**

**EVALUATION OF A SYSTEM OF VEGETATIVE PROPAGATION BY
MEANS OF ESQUEJES IN WILD LULO *Solanum hirtum* Vahl, *S. marginatum*
L.F., *S. sessiliflorum* Dum, *S. mammosum* L., AND *S. umbellatum* Mill**

Camilo Ordóñez U.¹, Hilda Gómez O.¹, Héctor Ramiro Ordóñez J.², Tulio César Lagos B.³

Fecha de recepción: Julio 23 de 2011 Fecha de aceptación: Noviembre 30 de 2011

RESUMEN

Esta investigación se realizó en el invernadero de la Universidad de Nariño, Colombia, con el objeto de determinar el efecto de dos tipos de sustratos (granzón de arena y turba) y la hormona de enraizamiento a partir del ácido naftalenacético (ANA 0,4%) en la propagación vegetativa por esquejes de *S. hirtum*, *S. marginatum*, *S. sessiliflorum*, *S. mammosum* y *S. umbellatum*. En las primeras etapas del ensayo se evaluaron las variables formación de callo (FC), formación de raíces (FR), formación de hojas (FH), porcentaje de mortalidad (PM), altura de planta (AP), diámetro del tallo (DT), número de hojas (NH), número de raíces (NR), peso de materia fresca y seca de tallo (PTF y PTS), peso de materia fresca y seca de raíces (PFR y PSR). Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar con arreglo factorial con tres repeticiones, donde el factor A correspondió al sustrato (granzón y turba) y el factor B fue la hormona (con y sin hormona). El testigo correspondió para cada especie al sustrato granzón y esqueje sin hormona. Los resultados mostraron que este tratamiento presentó los mejores valores

¹ Ingenieros Agrónomos, Universidad Nariño. E-mail: crytcamord@hotmail.com./ hgomez@agronomica.udenar.edu.co

² Profesor Asociado. I.F. M.Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. E-mail: hectorramiro@hotmail.com.

³ Profesor Asociado. I.A. Ph.D. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. E-mail: tclagosb@udenar.edu.co.

para las variables FC, FH, FR y PM en las cinco especies. Los mayores PM se presentaron en *S. sessiliflorum* con 62,5% y *S. marginatum* con 61,9%. El ANA redujo significativamente la supervivencia de esquejes de todas las especies silvestres y afectó considerablemente las otras variables. El granzón fue el sustrato que presentó las mejores condiciones de enraizamiento para todas las especies.

Palabras clave: Solanaceae, hormona, callo, enraizamiento, turba, granzón.

ABSTRACT

This research was conducted in the greenhouse at the University of Nariño, Colombia, in order to determine the effect of two types of substrates (sandy and peat) and rooting hormone ANA (0,4%) in the vegetative propagation with cuttings of *S. hirtum*, *S. marginatum*, *S. sessiliflorum*, *S. mammosum* and *S.umbellatum*. In the early stages of trial were evaluated formation of callus (FC), formation of roots (FR), leaf formation (LF), mortality (M), plant height (PH), stem diameter (SD), number of leaves (NL), number of roots (NR), weight of fresh and dry stem (WFS and WDS), weight of fresh and dry root (WFR and WDR). We used an unrestricted random design with factorial arrangement with three replications, where the factor A corresponded to the substrate (sandy and peat) and factor B was the hormone (with or without hormone). The control for each species corresponded to the substrate sandy and cutting without hormone. The results showed that this treatment showed the best values for the variables FC, FR, LF and M in the five species. The highest M rates occurred in *S. sessiliflorum* with 62,5% and *S. marginatum* with 61,9%. The ANA significantly reduced the survival of cuttings of all wildspecies and other traits significantly affected. The substrate sandy was presented the best rooting conditions for all species.

Key words: Solanaceae, hormone, callus, roots, peat, sandy.

INTRODUCCIÓN

El género *Solanum*, al que pertenecen los lulos, cuenta con 1.200 especies, es el más grande y está extensamente distribuido y (SIESA, 2000). Dentro de las especies silvestres de lulo se encuentran *S. sessiliflorum*, *S. hirtum*, *S. marginatum*, *S. umbellatum* y *S. mammosum*.

S. sessiliflorum cuya calidad de fruto no es tan buena como la de *S. quitoense* pero es más tolerante a altas intensidades lumínicas que otras especies. *S. hirtum* es una maleza ampliamente conocida en México, en el norte de Colombia y

en Venezuela, es un arbusto pequeño, muy espinoso y de frutos pequeños que crece en los potreros a libre exposición solar, es resistente a nematodos del género *Meloidogyne* sp. *S. marginatum* es de amplia distribución a nivel mundial, puede alcanzar 2 m de alto, presenta agujijones fuertes en tallo y hojas, sus frutos son bayas de pulpa seca y aunque son venenosos tienen diferentes usos medicinales (Fernández, 1998).

S. umbellatum es un arbusto que crece desde 1,5 hasta 5 m de altura, sin espinas. Las hojas son angostas en forma elíptica, no son lobulares y en su mayoría no crecen por pares. La flor de esta

especie es blanca y mide 1 cm, con anteras amarillas. *S. mammosum* se conoce como ubre de vaca, es una planta anual, perenne, de crecimiento arbustivo herbáceo o semileñoso de tallo espinoso. Hojas simples, pubescentes en la haz y en el envés, el fruto es una baya de forma cónica con lóbulos en la parte proximal, de color amarillo oro en la maduración y de 5 a 6 cm de longitud. Es un pariente cercano del Tomate de árbol (Siamazonia, 2009).

El problema de propagar especies silvestres, como las mencionadas en este trabajo, es que debido a su alogamia y reproducción sexual, muestran desuniformidad en los tiempos de germinación, además de su gran variabilidad fenotípica y genotípica en la población, lo que no permite obtener cantidades suficientes de plántulas homogéneas para su uso (Angulo, 2006), que sería una característica deseada para obtener patrones para injertarlos utilizando como copa a *S. quitoense*.

Por otra parte, los problemas fitosanitarios causados por *Fusarium sp* y por nematodos del género *Meloydogyne spp.*, están haciendo insostenible el cultivo de Lulo para los productores. Es preciso utilizar especies de lulo silvestre, las cuales pueden aportar características importantes que permitan contrarrestar los problemas radiculares que hasta el momento son limitantes, ya que se ha comprobado que estas especies silvestres presentan resistencia tanto para *Fusarium sp*, como para *Meloydogyne sp*. (Betancourth *et al.*, 2007).

Los esquejes sirven para preservar alguna característica especial que sea de interés o para mantener una madre de un híbrido. En cuanto al aspecto económico, la propagación en masa por medios vegetativos no es más económica que la

propagación comparable por semilla, pero su utilización es plenamente justificada por la superioridad y uniformidad de los clones obtenidos (Castellanos *et al.*, 2009).

Los sustratos más utilizados para el enraizamiento de estacas son principalmente mezclados con turba con otros productos como perlita, vermiculita y arena (Arbos, 1992). Los sustratos empleados en la propagación de esquejes pueden diferenciarse en orgánicos; por ejemplo, suelo, turba, compost (de diferentes materiales), cascarilla de arroz e inorgánicos como la perlita, la vermiculita (inertes) y la arena (Ramírez, 2000).

El uso de hormonas de enraizamiento se ha probado con gran éxito en otras plantas. Hernández (1992), afirma que la función de las hormonas de enraizamiento es estimular la división celular y la iniciación de raíces. El ácido Naftalenacético (ANA) es excepcionalmente activo como generador de raíces, produce un rápido crecimiento de numerosas raíces cortas y gruesas. No obstante, la respuesta a la hormona depende ampliamente de la variedad, la concentración y del tiempo de aplicación.

En Colombia, los estudios dedicados a la propagación asexual de lulo cultivado son poco conocidos. Esta circunstancia, no ha permitido desarrollar metodologías óptimas para su propagación. Trabajos foráneos acerca de propagación asexual se presentan en otras especies. Lemes *et al.* (2001), evaluaron diferentes auxinas y concentraciones de las mismas (ácido indol 3 acético (AIA); ácido indol 3 butírico (AIB); ácido naftalenacético (ANA); 0, 50 y 100 ppm) respectivamente, encontrando que los esquejes no mostraron respuesta a los reguladores de crecimiento.

Por su parte, Kumar y Arugman (1980) evaluaron concentraciones de 5.000 mg.L^{-1} de ANA y AIA encontrando hasta un 95 % de esquejes enraizados de romero. Westervelt (2003), evaluó un gran número de sustratos y encontró que los mejores resultados en cuanto a peso seco de la parte aérea y altura de planta se presentaron cuando se utilizó la turba como sustrato. En el estudio de Klinac (1986), las plantas propagadas por esquejes en Uchuva *Physalis peruviana* se cosecharon más rápido, produciendo más frutos que las plantas procedentes de semillas, las bayas seleccionadas provenientes de esquejes eran consistentemente, más largas que las derivadas de semillas, pero con alta incidencia de rajado de fruto y bajo contenido de sólidos solubles.

Acorde con lo anterior, esta investigación se desarrolló con el objeto de evaluar dos sustratos granzón y turba, con aplicación de ácido naftalenacético (0,4%) en la propagación asexual por esquejes de *S. sessiliflorum*, *S. hirtum*, *S. marginatum*, *S. umbellatum* y *S. mammosum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo en el invernadero de la Universidad de Nariño, ubicada al noroeste de la ciudad de San Juan de Pasto, altitud de 2540 msnm, $01^{\circ}12'13'' \text{ LN}$ y $77^{\circ}15'23'' \text{ LO}$ y temperatura promedio de 20°C (Benavides y Bravo, 1997).

Se evaluaron las especies *S. hirtum*, *S. marginatum*, *S. sessiliflorum*, *S. mammosum* y *S. umbellatum*, con introducciones obtenidas a través del Grupo de Investigación de Producción de Frutales Andinos de la Facultad de Ciencias Agrícolas y el convenio suscrito de cooperación científica con CORPOICA.

Las plantas madres fueron sembradas en bolsas de polietileno con capacidad 120 g. Cuando las plantas alcanzaron una altura aproximada de 15 cm (3 meses) fueron trasplantadas a bolsas de 5 Kg. Se fertilizaron con Cristasol (N 15%, P_2O_5 30%, K_2O 15%, S 1%, MgO 1%) con una dosis de 3g.L^{-1} de agua. A partir de los 6 meses de sembradas las plantas madres presentaban una altura de 50 cm se eliminaron las yemas apicales para estimular el crecimiento lateral.

Para la obtención de esquejes se seleccionaron las plantas más sobresalientes y vigorosas como plantas madres. Estas fueron regadas el día anterior, con el fin de mantener la turgencia en las células; al día siguiente, se cortaron los esquejes de 5 cm de largo, teniendo en cuenta que tuviera como mínimo 2 nudos, un par de hojas en el nudo superior, libres de patógenos e insectos. Los esquejes se obtuvieron del tercio medio y superior de las plantas madre, realizando un corte horizontal para que las raíces fuesen lo más radiales posibles (Beltrán y Castillo, 1999).

Los esquejes se enjuagaron con agua destilada estéril para eliminar los residuos de alcohol y fueron colocados en una bandeja húmeda para evitar su deshidratación. Esta actividad se realizó en las horas de la mañana, con el fin de disminuir la transpiración. Una vez obtenidos los esquejes se sembraron en bolsas plásticas de $4 \times 4 \times 11\text{cm}$, con el sustrato respectivo (granzón o turba) los cuales fueron previamente humedecidos. Para todos los tratamientos a evaluar los esquejes se sembraron directamente en el sustrato de la bolsa haciendo presión hacia los lados con el fin de permitir un mayor contacto. En el caso de los esquejes tratados con ANA al 0,4%, ésta se aplicó por contacto en la base del esqueje inmediatamente después de ser extraído de la planta madre. Una vez plantados fueron regados diariamente

durante tres meses, procurando que el sustrato siempre se mantuviera húmedo, con el fin de evitar la deshidratación del material.

Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar DIA con arreglo factorial, con tres repeticiones, donde el factor A correspondió al sustrato con dos niveles Granzón y Turba; el factor B fue la hormona, esqueje con hormona y esqueje sin hormona. Los tratamientos evaluados fueron granzón más hormona (GH), granzón sin hormona (GSH), turba con hormona (TH) y turba sin hormona (TSH). El testigo correspondió para cada especie al sustrato granzón y esqueje sin hormona. Cada repetición estuvo formada por una unidad experimental formada por 10 esquejes.

Las variables formación de callo (FC), formación de raíces (FR), y formación de hojas (FH) se expresaron en porcentaje. Para su medición se tomaron esquejes al azar para hacer un seguimiento a partir de la tercera semana, reintegrando los esquejes nuevamente al sustrato. Al finalizar cada ensayo se evaluó el porcentaje de mortalidad (PM), con base en el número de esquejes vivos y muertos incluyendo esquejes no enraizados.

Una vez terminada la evaluación de FC, FR, FH y el PM, se evaluaron la altura de planta (AP), el diámetro del tallo (DT), el número de hojas (NH), el número de raíces (NR), el peso de materia fresca de las raíces (PFR), el peso de materia seca de las raíces (PSR), el peso de materia fresca de la parte aérea (PFT) y el peso materia seca de la parte aérea (PST).

Las variables evaluadas se sometieron a un análisis estadístico descriptivo (media y desviación estándar) y al Análisis de Varianza (ANDEVA), además, se utilizó la prueba de Diferencia Mí-

nima Significativa (DMS) al 5%, en las variables que presentaron diferencias estadísticas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Formación de callo y porcentaje de mortalidad (FC y PM). El ANDEVA mostró diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) para estas variables. De acuerdo con la DMS, el testigo exhibió un mayor FC con un 64,8% y un menor PM con 35,5% (Tab.3), siendo estadísticamente diferente de los demás tratamientos. Por su parte, los GH y TH fueron los de más alta PM con 62,7 y 61,3% respectivamente, presentando los menores valores de FC con 27,3 y 28,7% junto con el TSH, siendo estadísticamente diferentes de los otros tratamientos pero con iguales entre sí.

El PM mostrado por los diferentes tratamientos, indica que el material vegetal evaluado no tuvo buena adaptación a las condiciones de enraizamiento, en especial los tratamientos con la presencia de hormona, afectando este factor considerablemente la brotación de los callos (Tab. 2). Al respecto, Hernández (1992) afirma que la aplicación de hormonas de enraizamiento sirve para estimular la división celular y la iniciación de raíces. Sin embargo, la respuesta a la hormona depende ampliamente de la variedad, de la concentración y del tiempo de aplicación (Bonfil *et al.*, 2007).

En este trabajo se observó menor FR en los tratamientos con hormona, en comparación con el buen desarrollo de raíces de los tratamientos sin hormona, evidenciando que ANA redujo significativamente la supervivencia de esquejes. Resultados similares registraron Moreno *et al.* (2004) en la evaluación realizada a dos tipos de esquejes para producción de tubérculo-semilla

élite en cuatro variedades de papa *S. phureja*. Estos autores atribuyeron tales efectos a una elevada concentración de la hormona, por lo que es recomendable probar concentraciones más bajas.

Por otra lado, los esquejes sembrados en granzón (Tab. 1) presentaron mayores valores para FC y menor PM, debido a que este sustrato no tiene buena capacidad de retención, si bien su porosidad es elevada (más del 40% del volumen), por lo que pudo facilitarse el lavado de la hormona, favoreciendo un mayor porcentaje de FC y de supervivencia, mientras que la turba al poseer mayor capacidad retentiva (Hartmann *et al.*, 1990) tuvo mayor presencia de ANA.

Todas las especies evaluadas presentaron porcentajes heterogéneos de mortalidad y de FC (Tab. 4), donde *S. mammosum* fue estadísticamente diferente presentando mejor adaptabilidad al medio, con los mejores valores para PM (32,5%) y FC (60,8%), seguido por *S. umbellatum* y *S. hirtum*, las cuales presentaron igualdad estadística entre sí con valores de 47,5 y 49,2% de PM y 42,5 y 40,8% de FC, respectivamente. Las especies de *S. marginatum* y *S. sessiliflorum* fueron estadísticamente iguales y diferentes con las otras especies debido a que exhibieron el mayor PM de esquejes con 61,9 y 62,5%, en su orden. Además, de presentar los más bajos promedios en FC, que en su orden son de 26,9 y 27,5%.

La mortalidad presentada en estas especies, principalmente en *S. marginatum* y *S. sessiliflorum*, indiferente del tratamiento, hace presumir que se debe evaluar el método utilizado para su propagación. De aquí se desprende que para cada especie específica se necesitan efectuar pruebas empíricas respecto a su respuesta al esquejado y la aplicación de reguladores del crecimiento ya que se han dado casos que concentraciones

muy altas de auxinas pueden inhibir el desarrollo de las yemas, a veces hasta el punto en que no hay formación de callos aún cuando la formación de raíces es adecuada (Muñoz, 1993). Las estacas de ciertas especies difíciles de enraizar, aún enraízan mal después de tratarlas con auxina (Bonfil *et al.*, 2007).

No obstante, un problema metodológico y la humedad ambiental demasiado baja, en contraste con el sustrato, también pudieron contribuir a la muerte de los esquejes, donde pudo haberse interrumpido la diferenciación de las raíces cuando las estacas fueron desenterradas durante la primera evaluación, pues se observó que después de ésta, las hojas y yemas foliares de algunas se secaron, por lo que se recomienda en futuros ensayos esperar hasta cuatro semanas antes de realizar esta evaluación. El exceso de humedad, atribuido al sistema de riego, pudo haber presentado problemas de aireación, aunque este es un factor de suma importancia para la propagación vegetativa mediante estacas (Hartmann y Kester 1995).

Formación, número y longitud de raíces (FR, NR y LR). Según la DMS ($P < 0,05$) el tratamiento testigo (GSH) presentó un 64,8%, siendo el de mayor enraizamiento y estadísticamente diferente a los demás tratamientos. TSH mostró un 38 % de FR, aunque fue estadísticamente igual a TH con 28,7% y GH con 27,3% (Tab. 3). La mayor longitud radicular también se presentó en el tratamiento GSH con 18 cm seguido de TH con 16,7 cm. El mayor número de raíces fue para TH con 29,8 y GH con 25,1.

Aquí se observa que el mejor tratamiento para el enraizamiento de las especies de lulo silvestre fue el granzón mas esquejes sin hormona, debido a que este sustrato posee un buen porcentaje

de aireación (textura arenosa), permitiendo que las raíces tengan más disponibilidad de oxígeno, lo que favorece los procesos de división celular (Fonteno, 1996) y por tanto, mayor expansión de raíces facilitando la velocidad de crecimiento, la cual también depende de la resistencia que le ofrece el sustrato. Según Fachinello *et al.* (1994) el sustrato es uno de los factores de mayor influencia en el enraizamiento de estacas, especialmente para especies de difícil enraizamiento, por eso, es necesario determinar cuál es el mejor sustrato para cada especie.

Por otra parte, *S. mammosum* obtuvo la mejor respuesta al enraizamiento con un 60,8% presentando diferencias estadísticas con los demás tratamientos (Tab. 4). Las demás especies no presentaron diferencias estadísticas con valores de 41,7% para *S. umbellatum*, 40,8% para *S. hirtum*, 27,5% para *S. sessiliflorum* y 26,9% para *S. marginatum*. Esta última presentó el mayor número de raíces (25,6), de igual forma fue la que presentó las raíces más largas con 18,1 cm seguido de *S. sessiliflorum* con 17,7 cm, debido a que dichos esquejes enraizaron en granzón.

A pesar que todas las especies presentaron emisión de raíces, la propagación por esquejes en estas especies es difícil, similar a lo reportado en ensayos con otras especies (Tamayo, 2002; Bonfil *et al.*, 2007), donde se muestra que existen diferencias notables en la capacidad de desarrollar raíces entre las distintas especies del género. Por ello, su propagación a partir de estacas puede realizarse, pero probablemente podría incrementarse con ligeras variaciones al método usado en particular, controlando variables ambientales como humedad relativa, temperatura del sustrato (Hartmann *et al.*, 1997; Sánchez y Aguirreolea, 1998) y la aplicación de la hormona en solución debido a que han sido más efectivas

para promover el enraizamiento en estacas de varias especies como Uchuva, Eucalipto y coníferas, que concentraciones similares de hormona en polvo (Prasad *et al.*, 1996; Sánchez y Aguirreolea, 1998).

La cantidad de raíces formadas por esqueje, está en relación directa con la calidad de la planta producida, ya que a mayor cantidad de éstas, la resistencia frente a factores estresantes, como puede ser el trasplante, será mayor. Por otra parte Cordero (2000), indica que el éxito en el enraizamiento de una especie, está determinado no sólo por la concentración de auxinas, sino por factores tan claves como el tipo de hormona y el tiempo de exposición a ésta, agregando que el método de aplicación también influiría en los resultados de enraizamiento, lo cual debería considerarse en futuras investigaciones.

Con respecto a LR, los resultados fueron similares a los obtenidos por Escobar (1998) en *Lycopersicon esculentum*, quien encontró diferencias significativas en la LR, mientras que para Gulupa (*Passiflora eduli*) Forero y Becerra (2008) encontraron diferencias entre sustratos, siendo suelo: cascarilla de arroz (1:1 v/v) el mejor sustrato y los tercios medio y basal de la rama productiva fueron los que consiguieron las LR más altas.

Formación y número de hojas (FH y NH). El testigo (GSH) con 64,7%, presentó diferencias estadísticas con los demás tratamientos, cuyos promedios no presentaron diferencias estadísticas entre sí, con 48% para TSH, 38,8% para TH y 37,4% para el GH. Esto se vio reflejado en el NH donde GSH presentó un promedio de 5,3, siendo estadísticamente similar a TH y TSH cuyos valores fueron de 4,8 y 4,2, respectivamente. Igualmente, el menor NH se presentó en el T2 con 3,3 (Tab. 3).

Las hojas como órganos sintetizadores de carbohidratos, deben tener un buen sustrato que le garantice un suministro adecuado de nutrientes para la planta (Izco, 1997; Marschner, 2002). En este sentido, el granzón garantiza un buen crecimiento de las raíces, por lo tanto, la parte aérea de la planta refleja una mejor actividad, incrementando la producción de carbono y ATP, que son elementos importantes para la formación de proteínas, almidón, sacarosa, fructanos, ácidos nucleicos y lípidos (De Visser, 1987).

Con relación a FH, se destaca *S. mammosum* con un 63,3% seguido de *S. umbellatum* con 43%. *S. marginatum* fue la de menor FH con 26,9%. En cuanto al NH, *S. mammosum*, *S. umbellatum* y *S. marginatum*, sus promedios van desde 4,6 hasta

5,7, sin presentar diferencias significativas. *S. sessiliflorum* presentó el menor NH con 2,8 (Tab. 4).

Acorde con lo anterior, se concluye que existen diferencias entre especies, especialmente en las primeras etapas del ensayo, encontrándose que *S. mammosum* fue la de mejor comportamiento en contraste con *S. marginatum* y *S. sessiliflorum*. Este comportamiento diferencial se debe a sus diferencias taxonómicas y genéticas. *S. mammosum* se aproxima más al Tomate de árbol que a lulo (Siamazonia, 2009), y como se mencionó, el enraizamiento y la formación de hojas depende de la especie. Por otra parte, existen evidencias acerca de que los contenidos de las hojas influyen en el enraizamiento de diferentes especies (Escobedo, 2009).

Tabla 1. Comparación de medias para el factor A (Sustratos) de las variables porcentaje de mortalidad (PM), formación de callo (FC), formación de raíces (FR), formación de hojas (FH), número de hojas (NH), diámetro del tallo (DT), altura de planta (AP), número de raíces (NR), longitud raíces (LR), peso tallo fresco (PTF), Peso tallo seco (PTS), peso raíces frescas (PRF) y peso raíces secas (PRS), evaluadas bajo diferentes sistemas de propagación de esquejes en lulo silvestre.

Factor A	PM (%)	FC (%)	FR (%)	FH (%)	NH	DT (mm)	AP (cm)	NR	LR (cm)	PTF (g)	PTS (g)	PRF (g)	PRS (g)
Granzón	44,1 b	46,1 a	33,0 b	56,1 a	4,3 a	5,2 a	6,3 b	21,1 a	16,4 a	2,67 b	0,53 a	1,37 b	0,21 b
Turba	57,3 a	33,3 b	43,1 a	43,2 b	4,5 a	4,8 a	7,7 a	18,9 a	14,01 b	3,26 a	0,56 a	2,13 a	0,3 a
DMS	2,768	0,703	0,704	1,603	0,643	0,445	0,853	4,176	1,901	0,44	0,101	0,389	0,051

DMS = Diferencia Mínima Significativa. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Tabla 2. Comparación de medias para el factor B (Hormona) de las variables porcentaje de mortalidad (PM), formación de callo (FC), formación de raíces (PFR), formación de hojas (PFH), número de hojas (NH), diámetro del tallo (DT), altura de planta (AP), número de raíces (NR), longitud raíces (LR), peso tallo fresco (PTF), Peso tallo seco (PTS), peso raíces frescas (PRF) y peso raíces secas (PRS), evaluadas bajo diferentes sistemas de propagación de esquejes en lulo silvestre.

Factor B	PM (%)	FC (%)	FR (%)	FH (%)	NH	DT (mm)	AP (cm)	NR	LR (cm)	PTF (g)	PTS (g)	PRF (g)	PRS (g)
Sin hormona	39,4,b	51,4 a	51,4 a	50,2 a	4,8 a	4,9 a	7,6 a	12,6 b	14,7 a	2,9 a	0,63 a	1,14 a	0,2 a
Con hormona	62 a	28 b	27,7 b	29,3 b	4,0 b	5,1 a	6,4 b	27,5 a	157 a	3,0 a	0,59 a	2,36 a	0,32 a
DMS	2,768	0,704	0,704	0,703	0,643	0,445	0,853	4,175	1,901	0,439	0,101	1,389	0,151

DMS = Diferencia Mínima Significativa. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Tabla 3. Comparación de medias para porcentaje de mortalidad (PM), formación de callo (FC), formación de raíces (FR), formación de hojas (FH), número de hojas (NH), diámetro del tallo (DT), altura de planta (AP), número de raíces (NR), longitud raíces (LR), peso tallo fresco (PTF), peso tallo seco (PTS), peso raíces frescas (PRF) y peso raíces secas (PRS) evaluadas bajo diferentes sistemas de propagación de esquejes en lulo silvestre.

Trat	PM (%)	FC (%)	FR (%)	FH (%)	NH (No)	DT (mm)	AP (cm)	NR	LR (cm)	PTF (g)	PTS (g)	PRF (g)	PRS (g)
GSH	35,5 c	64,8 a	64,8 a	64,7 a	5,3 ^a	5,3 a	7,4 a	17,2 b	18,0 a	2,94 ab	0,70 a	1,27 b	0,21b
GH	62,7 a	27,3 b	27,3 b	37,4 b	3,3 b	5,1 a	5,4 b	25,1 ab	14,7 ab	2,39 b	0,36 b	1,48 b	0,22 b
TSH	53,3 b	38 b	38 b	48 b	4,2 ab	4,5 a	7,6 a	7,9 c	11,3 b	2,91 ab	0,57 a	1,01 b	0,19 b
TH	61,3 a	28,7 b	28,7 b	38,8 b	4,8 ^a	5,1 a	6,4 a	29,8 a	16,7 a	3,62 a	0,56 a	3,24 a	0,42 a
DMS	5,159	1,31	1,312	1,319	1,224	0,847	1,642	7,951	3,620	0,837	0,193	0,741	0,097

DMS = Diferencia Mínima Significativa. Letras distintas indican diferencias significativas al 0,05. GSH = Granzón sin hormona, GH = Granzón con hormona, TSH = Turba sin hormona, TH = Turba con hormona,

Tabla 4. Comparación de medias entre especies para porcentaje de mortalidad (PM), formación de callo (FC), formación de raíces (FR), formación de hojas (FH), número de hojas (NH), diámetro del tallo (DT), altura de planta (AP), número de raíces (NR), longitud raíces (LR), peso tallo fresco (PTF), peso tallo seco (PTS), peso raíces frescas (PRF) y peso raíces secas (PRS), evaluadas bajo diferentes sistemas de propagación de esquejes en lulo silvestre.

Especies	PM (%)	FC (%)	FR (%)	FH (%)	NH	DT (mm)	AP (cm)	NR	LR (cm)	PTF (g)	PTS (g)	PRF (g)	PRS (g)
<i>S. mammosum</i>	32,5 c	60,8 a	60,8 a	63,3 a	4,6 a	2,9 c	6,2 b	17,8 ab	12,4 b	1,9 c	0,43 ab	1,67 ab	0,2 c
<i>S. umbellatum</i>	47,5 b	42,5 b	41,7 b	43 b	5,7 a	4,2 b	6,1 b	18,9 ab	15,2 ab	2,2 bc	0,58 ab	1,36 b	0,32 ab
<i>S. hirtum</i>	49,2 b	40,8 b	40,8 b	39,8 bc	4,2 ab	6,2 a	7,4 ab	23,9 a	12,6 b	4,0 a	0,79 a	1,72 ab	0,23 bc
<i>S. marginatum</i>	61,9 a	26,9 c	26,9 b	26,9 c	4,5 a	4,5 b	9,2 a	25,6 a	18,1 a	3,5 a	0,62 ab	2,41 a	0,35 a
<i>S. sessiliflorum</i>	62,5 a	27,5 c	27,5 b	28,5 bc	2,8 b	7,1 a	6,0 b	14,0 b	17,7 a	3,2 ab	0,32 c	1,58 ab	0,2 c
DMS	6,134	1,557	1,56	1,558	1,464	3,595	1,943	9,511	4,330	1,002	0,230	0,886	0,116

DMS = Diferencia Mínima Significativa. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En hojas de cultivares de difícil enraizamiento de *Persea americana*, se encontraron altos contenidos de Mn, mientras que en aquellos de fácil enraizamiento el contenido del microelementos fue mucho menor. Se sabe que el Mn es un activador de la enzima oxidasa del AIA, que destruye las auxinas naturales en la base del esqueje o estaca, ocasionando condiciones adversas al enraizamiento.

Altura de la planta y diámetro basal del tallo (DT y AP). El crecimiento de las plantas en altura y diámetro es dependiente del aporte de agua, nutrientes, energía y aire que un medio pueda

aportarle (Singh y Sainju, 1998). La prueba de comparación de medias (Tab. 3) mostró que el tratamiento GH presentó las plantas más bajas con 5,4 cm, siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos, los cuales no mostraron diferencias entre ellos con AP entre 6,4 y 7,6 cm. En cuanto a DT no se presentaron diferencias entre los tratamientos, coincidiendo con lo obtenido por González y Cáceres (1996); Grande *et al.* (2006) respecto a la poca influencia de esta variable en la sobrevivencia y prendimiento de la estaca, atribuido a la elevada capacidad de rebrote de la planta en la etapa inicial.

S. marginatum presentó una AP de 9,2 cm, seguida de *S. hirtum* con 7,4 cm, siendo las de mayor AP. En contraste, *S. mammosum*, *S. umbellatum* y *S. sessiliflorum* presentaron las menores AP con 6,2, 6,10 y 6,0 cm, respectivamente. *S. sessiliflorum* y *S. hirtum* fueron las de mayores DT con 7,1 y 6,2 mm, en su orden. *S. mammosum* la de menor DT con 2,9 mm (Tab. 4). Los diferentes tamaños de esqueje presentados por estas especies, según Lemes *et al.*, (2001); Taiz y Zeiger (1998) se dan por una serie de condiciones ambientales, del medio de propagación de las plantas y sobre todo del genotipo. Además, Espinoza y Benavides (1998) expresan que el comportamiento de estos procesos fisiológicos está directamente relacionado con el estatus nutricional de la estaca.

Peso de tallo seco y fresco (PTS y PTF). Según la prueba de comparación de medias entre tratamientos, las plantas sembradas en TSH, GSH y TH presentaron los mayores PTS con valores que van de 0,56 a 0,76 g debido a que las propiedades físicas de la turba y granzón garantizan al esqueje mejores condiciones para su enraizado y, por tanto, mejor respuesta en la producción de fitomasa. Cárdenas (1989); Lemes *et al.* (2001) afirman que los esquejes de yemas terminales presentan las mejores producciones de masa vegetal en turba. El GH presentó los menores valores de PTS y PTF. Esto obedece a que la hormona en granzón se lava fácilmente de los esquejes, habiendo poca retención alrededor de la parte proximal de éstos. GSH, TSH y TH no mostraron diferencias significativas en PTF, con promedios que van desde 2,91 hasta 3,62 g. Solo existieron diferencias entre TH (3,62 g) y GH (2,39 g).

En la Tab. 4 se muestra que *S. mammosum* con 1,92 g fue la de menor PTF, mientras que las plantas de *S. hirtum* (4,0 g) y *S. marginatum* (3,50 g) presentaron mayor PTF, igualmente fueron

las de mayor PTS con 0,79 y 0,62 g, respectivamente, Por su parte, *S. sessiliflorum* con 0,32 g fue la de menor PTS. Se puede apreciar una relación directamente proporcional entre el peso y la altura presentada por los esquejes, puesto que los tamaños presentados representan mayor fitomasa. Se observa que a mayor tamaño de esqueje, éste tendrá mayor peso fresco y por ende mayor peso seco. Al respecto, Aloni (1987) afirma que el tamaño del esqueje tiene una influencia directa en la respuesta a la fitomasa, ya que el esqueje al ser una porción de un tallo o rama, a medida que incrementa su tamaño garantiza mayor acumulación y transporte de solutos en la planta.

Peso de materia fresca y seca de raíz (PRF y PRS).

TH presentó los mejores promedios de PRF (3,24 g) y PRS (0,42 g). Los demás tratamientos fueron similares en PRF (1,01-1,72 g) y en PRS (0,19-0,22 g) (Tab. 3). *S. marginatum* tuvo los más altos valores promedios de PRF con 2,41 g. No obstante, presentó igualdad con las especies *S. hirtum*, *S. mammosum* y *S. sessiliflorum* con valores de 1,72, 1,67 y 1,58 g, respectivamente. *S. umbellatum* fue la que presentó el menor PRF con 1,36 g, presentando escasez de raíces y de bajo vigor las que se formaron (Tab. 3).

Los mejores valores de PRS se lograron con los esquejes de *S. marginatum* (0,35 g) y *S. umbellatum* (0,32 g), los cuales mostraron raíces de mayor vigor, con abundantes raíces secundarias y terciarias. *S. mammosum*, *S. sessiliflorum* y *S. hirtum* presentaron los valores más bajos de PRS, porque a pesar de presentar enraizamiento, sus raíces no se presentaron con la misma abundancia como las primeras (Tab. 4). Estos resultados están relacionados con mayor número, longitud y peso de materia fresca de las mismas, lo que se traduce en mejor absorción del sistema radical, en beneficio de la parte aérea de la planta.

La obtención de un sistema radicular de mayor peso, y por tanto de mayor desarrollo, está relacionado con el peso del esqueje utilizado, lo que en principio permite utilizar aquellos de mayor grosor (Bandurski *et al.*, 1993).

CONCLUSIONES

Todas las especies presentaron formación y desarrollo de raíces, obteniéndose mayor prendimiento en *S. mammosum* seguido de *S. umbellatum* y *S. hirtum*. Bajo las condiciones de este ensayo, el tratamiento granzón mas esqueje sin hormona es el más promisorio de los tratamientos para el proceso de propagación vegetativa de las especies de lulo silvestre, ya que presentó una buena formación de raíces.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONI, R. 1987. Differentiation of vascular tissues, *Rev, Plant Physiol*, 38, 179-204p.
- ANGULO, R. 2006. Lulo: el cultivo, Bogotá, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 100 p.
- ARBOS, L.A. 1992. El crisantemo: cultivo, multiplicación y enfermedades, Madrid, Mundi- Prensa. 170p.
- BANDURSKI, R.A., SCHULZE, P., JENSEN, M., DESROSIERS, B. EPEL Y S., KOWALCZYK. 1993. The mechanism by which an asymmetric distribution of plant growth hormone is attained, *Adv, Space Res.* 12(1): 203-210.
- BELTRÁN, Y. y A., CASTILLO. 1999. Evaluación del efecto de auxinas en diferentes sustratos sobre el enraizamiento de estacas de mora de castilla (*Rubus glaucus* L). Trabajo de grado. Bogotá, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. 87p.
- BENAVIDES, C. y M., BRAVO. 1997. Diseño del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para la Universidad de Nariño. Tesis de grado Ingeniero Civil. Pasto, Colombia Facultad de Ingeniería, Universidad de Nariño. 320 p.
- BETANCOURTH, C., ZAMBRANO, M.; NARVÁEZ, A. 2007. Reacción de diferentes genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam) al ataque de *Fusarium oxysporum*. *Fitotecnia Colombiana*: Vol. 7 No. 1. 43-50p.
- BONFIL, C., MENDOZA, P. y J., ULLOA. 2007. Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies del género *Bursera*. México, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma. 7p.
- CÁRDENAS, M. 1989. Manual de plantas económicas de Bolivia, Segunda edición. Bolivia, Editorial Los Amigos del Libro. 333p.
- CASTELLANOS, D. O., FONSECA, S., BURITICÁ, S. 2009. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de flores y follajes con énfasis en clavel. Disponible en: <http://www.minagricultura.gov.co>. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Consulta: Febrero de 2010.
- CORDERO, C. 2000. Propagación vegetativa de *Leptocarpha rivularis* DC, especie nativa de uso medicinal. Taller de Licenciatura. Quillota, Chile, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 50p.
- DE VISSER, R. 1987. On the integration of plant growth and respiration. En: Moore, A. y R., Beechey (eds,). *Plant mitochondria*. Nueva York, Plenum Press, 331-340p.

- ESCOBAR VELÁSQUEZ, H. 1998. Evaluación de la propagación vegetativa de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), mediante esquejes en la Sabana de Bogotá. Trabajo de grado. Bogotá, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. 81 p.
- ESCOBEDO, V. 2009. Estudio de propagación clonal por esquejes del portainjerto de Palto 'Duke' (*Persea americana* Mill.) utilizando brotes etiolados y cámaras húmedas individuales. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina. 76 p.
- ESPINOZA, E. y J.E., BENAVIDES. 1998. Efecto del sitio y la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de la Morera (*Morus alba*), *Livestock Res, Rural Dev*, 10(2). Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd10/2/benav102.html>. Consultado junio 2 de 2009.
- FACHINELLO, J., HOFFMA, A., NACHTIGAL, J., KERSTEN, E. y L., FONTES. 1994. Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. Pelotas, Editra e gráfica, UFPEL. 179p.
- FERNÁNDEZ DA SILVA FILHO, D. 1998. Cocóna (*Solanum sessiliflorum* Dunal) cultivo y utilización. Disponible en: <http://www.corpoamazonia.gov.co>. Consulta: Enero 12 de 2010.
- FONTENO, W. 1996. Growing media: types and physical/chemical properties. En: Reed, D. (ed.). *Water, media, and nutrition for greenhouse crops*. Batavia, Illinois, Ball Publishing Inc., 93-122 pp.
- FORERO, C. y N., BECERRA. 2008. Propagación de Gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) por estacas, Trabajo de grado. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá. 92p.
- GONZÁLEZ, E. y O., CÁCERES. 1996. Comportamiento en vivero de Morera (*Morus* sp.) con diferentes sustratos en bolsa y tres diámetros de esquejes. Memorias Taller Internacional "Los árboles en los sistemas de producción ganadera". EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 16 p.
- GRANDE, D., LOSADA, H., DE LA GARZA, H. y J., VIEYRA. 2006. Establecimiento vegetativo de Mora (*Morus alba* L), leñosa promisoría para la alimentación animal, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México, D, F, Disponible en: <http://www.botanica-alb.org/publicaciones/otros/5EcolFis.pdf>. Consulta: febrero 2008.
- HARTMANN, H.T., KESTER, D. y P., DAVIS. 1990. *Plant Propagation: Principles and Practices*, 5th ed. NJ, Prentice-Hall, Englewood Cliffs. 647p.
- HARTMANN, H.T. y D., KESTER. 1995. *Propagación de plantas, Principios y práctica*. 4a ed. México D.F., Compañía editorial de México. 755p.
- HARTMANN, H.T., KESTER, D., DAVIES, P.T. y GENEVE, L. 1997. *Plant propagation: principles and practices*, 6th edition. Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall. 209p.
- HERNÁNDEZ, E. 1992. Estructura y composición química del tubérculo de papa. Curso Internacional de papa, Pamplona, Colombia, FEDE-PAPA. 73 - 79p.
- IZCO, J. 1997. *Botánica*. Madrid: McGraw-Hill/ Interamericana de España, S.A., 1ª ed. Disponible en biblioteca en carta 2005 de Microsoft Corp.

- KLINAC, D.J. 1986. Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) production systems. *New Zealand J, Expt, Agric.* 14: 425 – 430.
- KUMAR, N. y R, ARUGMAN. 1980. Effect of growth regulators on rooting of rosemary (*Ros- marinus Officinalis* L.). *Indian Perfumer.* 24(4): 210-213
- LEMES, C., RODRÍGUEZ, C. y L., ACOSTA. 2001. Multiplicación vegetativa de *Rosmarinus Officinalis* L, (romero), *Rev, Cubana Plant Med.* 6(3): 79-82.
- MARSCHNER, H. 2002. Mineral nutrition of hig- her plants. 2nd. Edition. London, Editorial Acade- mic Press. 889p.
- MORENO, S., MARQUINEZ, C. y M., CARO. 2004. Evaluación de dos tipos de esquejes para producción de tubérculo- semilla élite en cuatro variedades de papa *Solanum phureja* Juz Et Buk y *Solanum tuberosum* L. Bogotá, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Instituto de Biotecnología Universidad Nacional de Colom- bia. 12p.
- MUÑOZ LÓPEZ DE BUSTAMANTE, F. 1993. Plantas medicinales y Aromáticas. Estudio, Cul- tivo y Procesado. Ed. Mundi - Prensa. Madrid. España. 365pp.
- PRASAD, S., MURTHY, M.R., KAROSHI, R. Y M., SINGH. 1996. Vegetative propagation of Eu- calyptus species via Hidropit. *Indian Forester.* 122: 850-853.
- RAMÍREZ, V.M. 2000. Caracterización de las propiedades de diez materiales, prescripción de uso potencial como sustratos y evaluación de crecimiento de plántulas de lechuga. Trabajo de grado. Bogotá, Facultad de Agronomía, Univer- sidad Nacional de Colombia. 25- 26p.
- SÁNCHEZ, M. Y J., AGUIRREOLEA. 1998. Re- laciones hídricas. En: Azcón- Bieto, J, y M, Talón (eds,), *Fisiología y bioquímica vegetal.* Madrid, McGraw- Hill-Interamericana. 49-90pp.
- SISTEMA DE INFORMACIÓN ESTRATÉGICA PARA EL SECTOR AGROALIMENTARIO, 2000 (SIESA). Lulo: información básica por producto, Bogotá, DC, CO.
- SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LA DI- VERSIDAD BIOLÓGICA Y AMBIENTAL DE LA AMAZONÍA. (SIAMAZONIA). En línea: <http://www.siamazonia.org.pe/archivos/publicaciones/amazonia/libros>. Consultado 20 no- viembre de 2009.
- SINGH, B. y U., SAINJU. 1998. Soil physical and morphological properties and root growth. *HortScience.* 33(6): 966-

71.

TAIZ, L. y E., ZEIGER. 1998. Plant physiology. Massachussets, Sinauer Associates, Sunderland. 792p.

TAMAYO, R. 2002. El cultivo de la Uchuva (*Physalis peruviana* L.) en el municipio de Sonsón, Antioquia, Memorias IV Seminario Nacional de

rutales de Clima Moderado. Medellín, Corpoica, Universidad Pontificia Bolivariana. 82-86 pp.

WESTERVELT, P. 2003. Effect of growing medium and irrigation rate on growth of *Rosmarinus officinalis*, M.Sc. Thesis. Blacksburg, Virginia, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.