

# Efecto de la aplicación de diversas láminas y frecuencias de riego en la propagación del romero (*Rosmarinus officinalis L.*)

## The effect of applying different water levels and irrigation frequencies in propagating rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*)

Javier Giovanni Álvarez-Herrera<sup>1</sup>, Helber Enrique Balaguera-López<sup>2</sup> y Edinson Chacón Pardo<sup>3</sup>

### RESUMEN

La obtención de plántulas de romero se limita a la propagación vegetativa, pues las semillas presentan poca viabilidad. Pese a ser un cultivo en expansión, existe poca información sobre el consumo de agua en la etapa de propagación. Por lo tanto, se aplicaron láminas y frecuencias de riego utilizando un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4 x 2. El primer factor fue la frecuencia de riego (4 y 8 días), y el segundo la lámina de riego (0,6; 0,8; 1,0 y 1,2 de la evaporación dentro del invernadero). El coeficiente de 1,0 combinado con la frecuencia de riego de 4 días presentó los mejores resultados en la altura (39,3 cm), masa fresca, masa seca y longitud total de ramas (146 cm). La lámina de riego afectó la masa fresca y seca de las hojas independientemente de la frecuencia. El contenido relativo de agua en las hojas no mostró diferencias debido a que las condiciones ambientales minimizan el efecto de los tratamientos. El porcentaje de enraizamiento no determinó diferencias significativas para frecuencia ni para lámina; la frecuencia de riego afectó el comportamiento del romero debido a que la turba retiene gran contenido de humedad. Con un coeficiente de 1,0 y una frecuencia de riego de cuatro días, se obtuvo un mayor número de ramas (34), lo cual es importante desde el punto de vista productivo, pues éste es el material que se comercializa. El manejo del agua cambia la distribución de los fotoasimilados en la planta de romero.

**Palabras clave:** turba, evaporación, evapotranspiración, contenido relativo de agua.

### ABSTRACT

Rosemary seedlings are obtained by vegetative propagation because the seeds present low viability. Despite being an expanding crop, there is little information on water consumption during the propagation stage. Water levels and irrigation frequencies were therefore applied using a completely randomised design having a 4 x 2 factorial arrangement. The first factor concerned irrigation frequency (4 and 8 days) and the second concerned water level (0.6, 0.8, 1.0 and 1.2 evaporation inside the greenhouse). A 1.0 coefficient combined with 4-day irrigation frequency presented the best results regarding height (39.3 cm), fresh weight, dry weight and branch length (146 cm). Water level affected the fresh and dry weight of leaves regardless of frequency. Relative water content in leaves did not present differences due to environmental conditions minimising treatment effect. Rooting percentage showed no significant differences regarding irrigation frequency or water level. Irrigation frequency did not affect rosemary growing pattern because sphagnum retains high moisture content. The best branch number (34) was obtained with 1.0 coefficient and 4-day frequency, this being important from the production point of view because this is the material which is sold. Water management changes photoassimilate distribution in rosemary plants.

**Keywords:** sphagnum, evaporation, evapotranspiration, relative water content.

Recibido: diciembre 9 de 2008

Aceptado: diciembre 29 de 2009

### Introducción

Uno de los sectores que más ha crecido en los últimos años es el de las hierbas aromáticas. Éste se ha convertido en un generador de divisas para el país dentro de las exportaciones consideradas no tradicionales. Según CCI (2005), las exportaciones totales de hierbas aromáticas y otros follajes han tenido un crecimiento entre 1995 y 2004 del 24%, y la exportación de romero fue de 285 t en el año 2002, cuyo dato supera tanto en producción como en valor

FOB a las exportaciones de cultivos como el tomillo, la mejorana y el orégano.

A pesar del auge de las hierbas aromáticas y en especial del romero, existen dudas sobre el consumo de agua de este cultivo en la fase de propagación. Westelvert (2003) encontró que las plantas con las raíces más vigorosas se presentaron en los tratamientos con menor cantidad de agua, aunque los excesos de ella en el cultivo de romero pueden causar potencialmente la muerte de la planta, pero el crecimiento también disminuye si los sustratos empleados son demasiado secos.

<sup>1</sup> Ingeniero agrícola y M.Sc., en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. Profesor asistente, Grupo de Investigaciones Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. jgalvarezh@gmail.com.

<sup>2</sup> Ingeniero agrónomo, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Estudiante M.Sc., en Ciencias Agrarias con énfasis en Fisiología de Cultivos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. enrique\_balaguera@yahoo.com

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Estudiante M.Sc., en Ciencias Agrarias con énfasis en Suelos y Aguas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. ing.edinsonchacon@hotmail.com

Por otro lado, Munne-Bosch et al. (2000) encontraron que los esquejes de romero bajo condiciones típicas de sequía en el Mediterráneo crecen lentamente y que el romero está muy bien adaptado a sobrevivir a la sequía, pero no por periodos prolongados, ya que la conductancia estomatal no debe llegar a disminuir más de un 50% durante los periodos secos, pues eso hace que ocurran efectos adversos como el de disminuir su velocidad de crecimiento (Sánchez et al., 2004). Nogues et al. (2001) mencionan que el estrés por sequía en el romero causó una reducción significativa en la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> de los brotes, sin alteración de la habilidad fotosintética de la planta y una mayor síntesis de antioxidantes (Munne-Bosch et al., 2001). Westervelt (2003) estudió concentraciones de fertilizante y de contenidos de humedad en el suelo, hallando, al igual que Boyle et al. (1991), que la mejor respuesta del romero se dio con las menores dosis de fertilizante y que el contenido de humedad más alto en el suelo presentó hojas y esquejes más grandes.

Debaggio (1990) reporta que el romero es difícil de propagar a través de semillas debido a que éstas presentan una germinación esporádica, por lo cual la propagación a nivel comercial se realiza mediante esquejes. Lemes (2001) encontró que es mejor cortar los esquejes de las partes terminales sumergiendo la base del corte en una hormona enraizadora y sembrándolos en un sustrato de turba a una temperatura de 24 a 27 °C. El enraizamiento generalmente debe ocurrir a las dos semanas, aunque Long (1998) notó un retardo en el tiempo de enraizamiento durante los periodos de déficit de agua. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue el de evaluar el efecto de la aplicación de diversas láminas y frecuencias de riego en la propagación de romero con el fin de obtener plantas con mayor vigor y optimizar el uso del agua en esta etapa del cultivo.

## Metodología y diseño experimental

El experimento se realizó en un invernadero de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en Tunja, situada a una altitud de 2.690 m. s. n. m. en coordenadas: longitud 73° 23' oeste, latitud 5° 32' norte. Las condiciones dentro del invernadero fueron: temperatura media, 17 °C; humedad relativa, 65%.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial de 2x4, en donde el primer factor correspondió a la frecuencia de riego (4 y 8 días), y el segundo a un coeficiente multiplicador de la evaporación (0,6; 0,8; 1,0; 1,2, de la evaporación medida en él), para un total de ocho tratamientos (Tabla 1) con cuatro repeticiones, correspondiente a 32 unidades experimentales (UE). Cada UE estaba compuesta por un esqueje, el cual se sembró en una materia No. 18, con capacidad para 3.000 cm<sup>3</sup>, llena con turba rubia como sustrato (Tabla 2).

Tabla 1. Tratamientos utilizados en la propagación de romero

| Tratamiento | Frecuencia (días) | Coficiente multiplicador de la evaporación |
|-------------|-------------------|--|
| T1          | 4                 | 0,6  |
| T2          | 4                 | 0,8  |
| T3          | 4                 | 1  |
| T4          | 4                 | 1,2  |
| T5          | 8                 | 0,6  |
| T6          | 8                 | 0,8  |
| T7          | 8                 | 1  |
| T8          | 8                 | 1,2  |

El material vegetal con el cual se trabajó fue la especie *Rosmarinus officinalis* L. de hoja ancha. Para el trasplante se seleccionaron esquejes de 10 cm de longitud en la parte superior de plantas de un

año de edad, tamaño con los mejores resultados en propagación (Álvarez et al., 2007). Se podaron las hojas de los dos tercios inferiores del esqueje. El tiempo de propagación fue de cuatro meses debido a que éste es el tiempo que recomiendan Sánchez et al. (2004) para la etapa de propagación.

Tabla 2. Propiedades físicas y químicas de la turba

| Propiedad                  | Unidades            | Valor |
|----------------------------|---------------------|-------|
| Densidad aparente          | g·cm <sup>-3</sup>  | 0,11  |
| Porosidad                  | %                   | 94    |
| Aireación                  | %                   | 38    |
| θ <sub>g<sub>c</sub></sub> | %                   | 60    |
| θ <sub>v<sub>c</sub></sub> | %                   | 56    |
| pH                         | -                   | 5,9   |
| Materia orgánica           | %                   | 75    |
| N                          | %                   | 1,3   |
| K                          | mg·kg <sup>-1</sup> | 3,5   |
| Ca                         | mg·kg <sup>-1</sup> | 6,4   |
| Mg                         | mg·kg <sup>-1</sup> | 4,3   |
| Na                         | mg·kg <sup>-1</sup> | 11    |
| Conductividad eléctrica    | dS·m <sup>-1</sup>  | 1     |

Los tratamientos de riego se aplicaron dos semanas después de sembrar los esquejes; en la fase previa se manejó llevando el sustrato a capacidad de campo con el fin de garantizar la viabilidad de éstos. La lámina de riego se aplicó de acuerdo a las frecuencias y coeficientes establecidos en los tratamientos, para lo cual se midió diariamente la evaporación en una tanque evaporímetro construido a escala del tanque clase A (diámetro de 29 cm y altura de 6,1 cm) con el fin de poder establecer la cantidad de agua a aplicar en cada frecuencia de aplicación y el consumo de agua durante la fase de propagación. Para determinar las dosis de agua necesaria se utilizó la siguiente ecuación:

$$Lámina = \frac{Etp * C * A}{\eta_r}$$

en donde *Etp* = evapotranspiración en mm medida en el tanque evaporímetro; *C* = coeficiente multiplicador; *A* = área de la materia (254,4 cm<sup>2</sup>);  $\eta_r$  = eficiencia del riego por goteo (0,9).

Las variables medidas fueron: esquejes enraizados (porcentaje), al finalizar el cuarto mes del experimento se determinó el número de esquejes enraizados y se dividió por el número de los plantados; masa (g) fresca y seca de tallos, hojas y raíces; se cortó la planta y se determinó la masa de cada una de las partes; luego el material vegetal se secó en estufa a 85 °C durante 48 h y se volvió a pesar; número de ramas; longitud total (LTR) y promedio de ramas por planta; contenido relativo de agua (CRA) de las hojas, para lo cual se utilizó la metodología de Weatherley y Barrs (1965). Se realizó un análisis de varianza y se hizo una prueba de comparación de promedios (Tukey al 5%). En el análisis de los datos se utilizó el programa SAS v. 8e (Cary, N. C.).

## Resultados y discusión

El porcentaje de enraizamiento no mostró diferencias significativas entre tratamientos; tampoco, entre láminas, ni entre frecuencias de riego, cuando se analizaron los dos factores por separado. No obstante, se logró un 100% de enraizamiento en T3, T4, T5 y T8. No se hallaron efectos de los tratamientos en el porcentaje de enraizamiento debido a que este proceso es principalmente dominado por las condiciones iniciales del experimento, temperatura y humedad relativa, así como por el grado de hidratación del esqueje en el momento de la siembra.

Del mismo modo, la turba rubia presenta una gran retención de humedad (Resh, 1997), lo cual hace probable que a pesar de tener tratamientos diferenciales en cuanto a láminas y frecuencias de riego ésta atenúe las diferencias en el contenido de humedad y, por tanto, haga que el enraizamiento de los esquejes no establezca diferencias estadísticas.

El coeficiente de riego de 0,6 aplicado cada cuatro días tuvo un porcentaje de enraizamiento del 25% únicamente. Eso indica que un bajo suministro de agua hace que el estrés traído por el esqueje del corte de la planta madre se incremente y el proceso de enraizamiento se dificulte por menor emisión de raicillas (Álvarez et ál., 2008).

La altura presentó diferencias significativas entre tratamientos. El mejor fue el de aplicar una frecuencia de riego de cuatro días con un coeficiente multiplicador de la evaporación de 1,0, que mostró una altura de 39,3 cm (Figura 1). Los tratamientos con las láminas de 1,2 también exhibieron un buen comportamiento; no obstante, la altura fue menor. No se presentaron efectos de las láminas ni de las frecuencias de riego por separado.

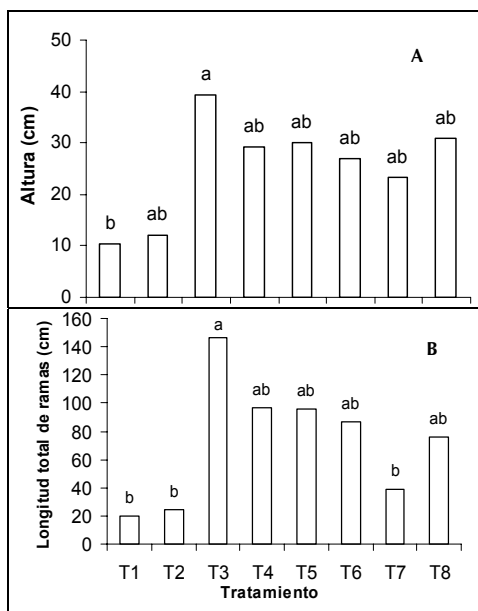


Figura 1. Efecto de diversas láminas y frecuencias de riego en propagación de plantas de romero sobre: (A) altura, (B) longitud total de ramas: T1: F4 y C 0,6; T2: F4 y C 0,8; T3: F4 y C 1,0; T4: F4 y C 1,2; T5: F8 y 0,6; T6: F8 y 0,8; T7: F8 y C 1,0; T8: F8 C 1,2; F: Frecuencia de riego, C: Coeficiente de riego. Promedios seguidos con letras distintas presentan diferencias estadísticas al 5% según la prueba de Tukey.

La altura varía de acuerdo a la disponibilidad de agua, hasta cierto punto, en el que las raíces no pueden captar suficiente oxígeno por el exceso hídrico, y disminuyen su velocidad de crecimiento. Del mismo modo, un buen contenido de agua genera células más alargadas debido a la presión de turgencia (Salisbury y Ross, 1994; Marschner, 2002).

La planta de romero mantiene niveles medios de consumo de agua en su etapa de propagación (coeficiente de 1,0), es decir, que la planta en este estado no requiere grandes cantidades de agua para el crecimiento, pero tampoco soporta déficit hídrico, pues tanto por exceso como por defecto disminuye la respuesta fisiológica. No obstante, Montenegro y Malagón (1990) afirman que cuando las plantas disponen de un buen contenido de agua disminuyen el gasto energético empleado para su crecimiento, razón

por la cual las plantas de romero pueden incrementar su altura (Álvarez et ál., 2008).

Consecuentemente, suplirle a la planta la cantidad de agua que se pierde por evapotranspiración es suficiente para el normal funcionamiento de ella, tal como fue encontrado por Álvarez et ál. (2008) en la propagación de romero. Además, Sánchez-Blanco et ál. (2004) mencionan que tratamientos con déficit hídrico en romero presentaron una disminución en la altura, debido a que bajos niveles de agua disminuyen la presión de turgor de la célula y la pared celular no se expande, lo que genera un menor crecimiento celular (Marschner, 2002), y a su vez, una altura reducida.

La LTR presentó diferencias significativas entre tratamientos. El mejor fue el coeficiente de 1,0 y la frecuencia de 4 días, que presentó una longitud de ramas de 146 cm (Figura 1). Esto se da debido a que una adecuada cantidad de agua favorece los procesos tanto de división celular como de elongación (Salisbury y Ross, 1994).

El tratamiento con coeficiente de 0,6 y frecuencia de riego de cuatro días presentó los valores más bajos de LTR (20,3 cm), mientras que el de la lámina de riego de 0,6 aplicada cada 8 días exhibió valores medios (95,65 cm) al compararse con los demás. Esto se da debido a que al aplicar bajas láminas de agua (coeficiente de 0,6) con mayor frecuencia, se crean condiciones de estrés hídrico prolongado que afectan el rendimiento de la planta, mientras que al aplicar el doble de la lámina con una frecuencia de ocho días la planta absorbe una mayor cantidad de agua en los primeros días después del riego y hace que la planta sea más eficiente en ella. Cabe resaltar que el romero es originario de zonas desérticas, por lo que en situaciones de estrés es posible que al recibir grandes cantidades de agua a bajas frecuencias incremente su eficiencia en su uso.

El número de ramas presentó diferencias significativas entre tratamientos; el mejor fue el de la aplicación de un coeficiente de 1,0 y una frecuencia de riego de 4 días, con 34 ramas en promedio. Este mayor número de ellas se da en las plantas que presentan más altura, pues tienen un mayor número de nudos, y por consiguiente más brotes vegetativos que se convierten en ramas, situación similar a la encontrada en plantas jóvenes de pino por Salazar et ál. (1999).

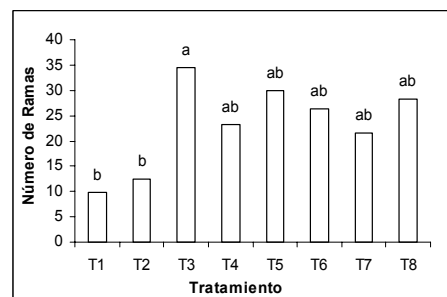


Figura 2. Número de ramas por planta en la propagación de romero sometido a diversas láminas y frecuencias de riego. T1: F4 y C 0,6; T2: F4 y C 0,8; T3: F4 y C 1,0; T4: F4 y C 1,2; T5: F8 y 0,6; T6: F8 y 0,8; T7: F8 y C 1,0; T8: F8 C 1,2. F: frecuencia de riego, C: coeficiente de riego. Promedios seguidos con letras distintas presentan diferencias estadísticas al 5% según la prueba de Tukey.

En el romero es importante obtener un gran número de ramas, pues éste es el material que posteriormente se vende en el mercado, indicando que láminas de riego iguales a la evapotranspiración y una frecuencia de riego de cuatro días generan mayor producto para comercializar.

La longitud promedio de ramas no presentó diferencias significativas entre tratamientos. No obstante, el coeficiente de 0,8 y la frecuencia de cuatro días originaron ramas más largas (6,47 cm) que el coeficiente de 0,6 y la frecuencia (4,23 cm). Esto significa que, a pesar de ser la lámina y la frecuencia de riego influyentes en el número de ramas, la longitud de éstas no se ve afectada por la cantidad de agua, lo cual indica que entre tratamientos se generaron diferentes cantidades de ramas, pero todas con tamaños homogéneos.

Álvarez et ál. (2008) evaluaron diferentes coeficientes de riego (0,6; 0,8; 1,0; 1,2 y 1,4) en la propagación de romero y encontraron mayor longitud promedio de ramas con el coeficiente de 1,4 aunque con valores inferiores (1,89 cm) a los de este experimento. Del mismo modo, estos autores afirman que los demás coeficientes de riego generaron mayor estrés hídrico, lo cual explica la menor longitud de ramas. Al relacionar la LTR con el número de ramas y con la longitud promedio de ellas se puede observar que la combinación de las láminas de riego con las frecuencias afectan sólo el número de ramas, mientras que la longitud de éstas permanece constante, lo que hace que el promedio no presente diferencias pero sí los totales.

El tratamiento con mayor masa fresca y seca fue el del coeficiente de 1,0 y frecuencia de riego de cuatro días. Se presentaron diferencias significativas entre tratamientos para la masa fresca y seca de tallos, hojas y raíces. En la figura 3 se observa que la masa fresca y seca es mayor en las raíces que en las hojas, y ésta a su vez es mayor que la de tallos, a excepción de los tratamientos con excesos de agua (coeficiente 1,2) para las dos frecuencias de riego, pues en éstos la masa fresca y seca de hojas es mayor que la de raíces y tallos. Generalmente excesos de agua no perjudiciales incrementan la actividad de las raíces, similar a lo encontrado por Balaguera et ál. (2008), haciendo más eficiente el proceso de transporte de nutrientes a través de xilema y floema. Como consecuencia, las hojas reciben más agua y nutrientes y aumentan su crecimiento.

Es importante ver cómo el manejo del agua cambia tanto la distribución de los fotoasimilados en la planta como la cantidad de biomasa que se puede llegar a acumular en una u otra parte de ella. Es así como Westervelt (2003) encontró que la lámina de riego en romero no influyó en la biomasa seca de raíces, pero las láminas más altas generaron mayor parte aérea.

Las láminas más bajas con frecuencia de cuatro días presentaron los menores valores de masa fresca y seca, mientras que para las frecuencias de ocho días exhibieron valores mayores. Esto puede deberse a que al momento de la siembra de los esquejes las condiciones ambientales como la baja humedad deshidratan muy rápido los esquejes, lo cual les hace perder vigor.

La masa fresca y seca de hojas presentó diferencias significativas para el factor lámina, mas no así para la frecuencia de riego. En la figura 4 se aprecia que la lámina de riego que favoreció la biomasa fresca y seca de las hojas fue la del coeficiente de 1,0. Láminas más altas o más bajas disminuyen el rendimiento y la producción de las hojas de romero, factor decisivo en la cantidad de compuestos aromáticos.

El CRA no presentó diferencias significativas entre tratamientos, láminas ni frecuencias de riego, al analizar su influencia por separado. Esto se debe a que generalmente la cantidad de agua presente en las hojas al momento de un corte depende de las condiciones específicas del momento y no de la intensidad o frecuencia de riego que se haya venido manejando. Por ejemplo, situaciones de

excesiva radiación y temperatura en las horas del mediodía originan incrementos en la tasa de transpiración que causan la pérdida de agua a través de los estomas, con lo cual la planta se ve forzada al cierre de éstos. En el momento en que la planta llega a contenidos de humedad críticos, ésta presentará problemas de estrés hídrico (Salisbury y Ross, 1994).

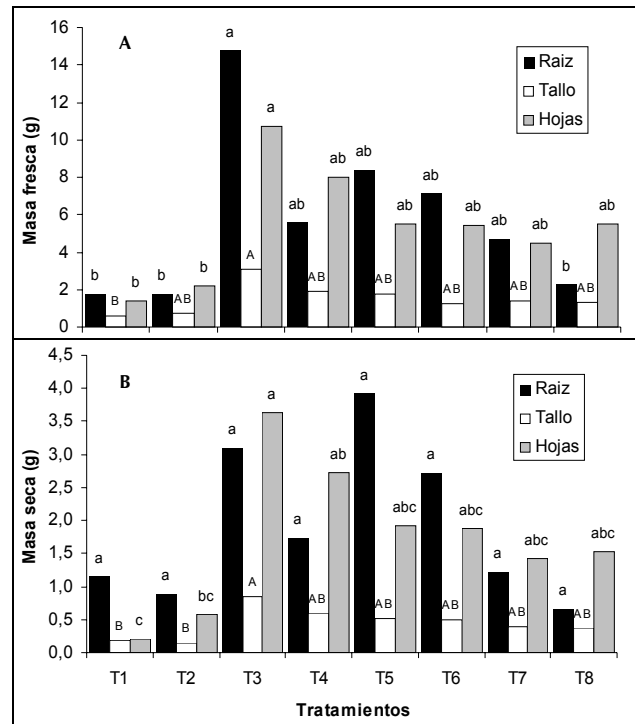


Figura 3. Efecto de diversas láminas y frecuencias de riego en propagación de plantas de romero sobre: A) masa fresca (B) masa seca. T1: F4 y C 0,6; T2: F4 y C 0,8; T3: F4 y C 1,0; T4: F4 y C 1,2; T5: F8 y 0,6; T6: F8 y 0,8; T7: F8 y C 1,0; T8: F8 C 1,2. F: frecuencia de riego, C: coeficiente de riego. Promedios seguidos con letras distintas en la misma serie presentan diferencias estadísticas al 5% según la prueba de Tukey.

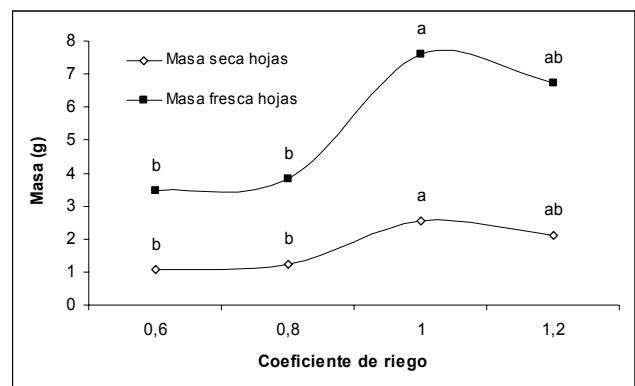


Figura 4. Masa fresca y seca de hojas de romero sometidas a diferentes láminas de riego en propagación. Promedios seguidos con letras distintas en la misma serie presentan diferencias estadísticas al 5% según la prueba de Tukey.

### Conclusiones

La lámina de riego que más favorece el romero es la del coeficiente multiplicador de la evapotranspiración de 1,0. Así mismo, la frecuencia de riego con mejor respuesta en la propagación del romero es de cuatro días. Además, la cantidad de agua aplicada afecta la distribución y la masa de los diferentes órganos de la plan-

ta. El contenido relativo de agua depende principalmente de las condiciones ambientales presentes al momento del corte del romero, mientras que el efecto de la lámina y la frecuencia de riego sobre el CRA no es representativo

## Bibliografía

- Álvarez-Herrera, J. G., Chacón, E., Rodríguez, S. L., Efecto de dos sustratos y diferentes laminas de riego en la propagación de romero (*Rosmarinus officinalis* L.), Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica, Vol. 11, No. 1, Jun., 2008, pp. 103-111.
- Álvarez-Herrera, J. G., Rodríguez, S. L., Chacón, E., Efecto de diferentes tamaños de esqueje y sustratos en la propagación del romero (*Rosmarinus officinalis* L.), Agronomía Colombiana, Vol. 25, No. 2, Jul., 2007, pp. 224-230.
- Balaguera, H. E., Álvarez-Herrera, J. G., Rodríguez, J. D., Efecto del déficit de agua en el trasplante de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), Agronomía Colombiana, Vol. 26, No. 2, May., 2008, pp. 246-255.
- Boyle, T. H., Cracker, L. E., Simón, J. E., Growing medium and fertilization regime influence growth and essential oil content of rosemary., HortScience, Vol. 26, No. 1, 1991, pp. 33-34.
- CCI. 2005. Corporación Colombia Internacional., Disponible en: [www.cci.org](http://www.cci.org); consulta: Abril de 2005.
- Debaggio, T., Rosemary and its culture., Herb Companion, Dec./Jan., 1990, pp. 24-40.
- Lemes, C., Rodríguez, C., Acosta, L., Multiplicación vegetativa de *Rosmarinus Officinalis* L. (Romero), Rev Cubana Plant Med, Vol. 6, No. 3, Dic., 2001, pp. 79-82.
- Long, J., Herbs., V. Ball (ed.) Ball Redbook., Illinois., Ball Publishing Inc., Batavia., 1998, pp. 253-271.
- Marschner, H., (ed.), Mineral nutrition of higher plants., 2a ed., London., Academic Press., 2002, pp. 889.
- Munné-Bosch, S., Alegre, L., Schwarz, K., The formation of phenolic diterpenes in *Rosmarinus officinalis* L. under Mediterranean climate., Eur Food Res Technol, Vol. 210, No. 4, 2000, pp. 263-267.
- Munné-Bosch, S., Mueller, M., Schwarz, K., Alegre, L., Diterpenes and antioxidative protection in drought-stressed *Salvia officinalis* plants., J. Plant Physiol, Vol. 158, No. 11, 2001, pp. 1431-1437.
- Nogues, S., Munne-Bosch, S., Casadesus, J., Lopez-Carbonell, M., Alegre, L., Daily time course of whole-shoot gas exchange rates in two drought exposed Mediterranean shrubs., Tree Physiol, Vol. 21, No. 1, 2001, pp. 51-58.
- Salazar, J. G., Vargas, J. J., Jasso, J., Molina, J. D., Ramírez, C., López, J., Variación en el patrón de crecimiento en altura de cuatro especies de *Pinus* en edades tempranas., Madera y Bosques, Vol. 5, No. 2, 1999, pp. 19-34.
- Salisbury, F., Ross, C., (ed.), Fisiología vegetal., 4ª ed. México, D.F., Grupo editorial Iberoamérica S.A., 1994, pp. 759.
- Sánchez-Blanco, M. J., Fernández, T., Navarro, A., Bañón, S., Alarcón, J., Effects of irrigation and air humidity preconditioning on water relations, growth and survival of *Rosmarinus officinalis* plants during and after transplanting., Journal of Plant Physiology Stuttgart, Vol. 161, No. 10, Oct., 2004, pp.1133-1142.
- Weatherley, P. E., Barrs, C., A re examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves., Austral J Plant Physiol, Vol. 15, 1965, pp. 413-28.
- Westervelt, P. M., Greenhouse production of *Rosmarinus officinalis* L., Thesis Faculty Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia, To obtain the degree in Master of Science in Horticultural Science, 2003.