

# Estudio comparativo de los niveles nutricionales en savia y foliar en *Ruscus aculeatus*, *Maytenus senegalensis* y *Juncus acutus* (I): aniones

P. García-Caparrós<sup>1</sup>, A. Llanderal<sup>1</sup>, A. El-Tarawy<sup>2</sup> y M. T. Lao<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Agronomía de la Escuela Politécnica Superior y la Facultad de Ciencias Experimentales. Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ceiA3). Ctra. Sacramento s/n, La Cañada de San Urbano, 04120, Almería, España; e-mail:pedrogar123@hotmail.com

<sup>2</sup> Department of Agriculture, Kafrelsheikh University. Egypt.

**Palabras clave:** cloruros, extracto celular, fosfatos, nitratos, nutrientes y sulfatos

## Resumen

El análisis de savia y foliar permiten diagnosticar el estado nutricional de un cultivo y de este modo, conocer la disponibilidad de los nutrientes por la planta. El objetivo de este ensayo es conocer las concentraciones de aniones en savia y solubles a nivel foliar en plantas de *Ruscus aculeatus*, *Maytenus senegalensis* y *Juncus acutus* fertirrigadas con una solución nutritiva estándar: 6,00, 0,70, 2,00, 3,00, 2,00 y 1,40 mmol L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> respectivamente, con un valor de CE de 1,5 dS m<sup>-1</sup> y de pH de 6,5. El contenido en savia de Cl<sup>-</sup> es de aproximadamente 18.000 mg L<sup>-1</sup> y a nivel foliar es de 65 mg g<sup>-1</sup> M.S. La concentración de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en savia se sitúa en torno a los 300 mg L<sup>-1</sup> y a nivel foliar en torno a 2,80 mg g<sup>-1</sup> M.S. en las distintas especies. La concentración de P-(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) en savia presenta el valor superior en *R. aculeatus* (431 mg L<sup>-1</sup>) y el inferior en *J. acutus* (19 mg L<sup>-1</sup>) y a nivel foliar, *J. acutus* (0,09 mg g<sup>-1</sup> M.S.) presenta una concentración significativamente superior. El contenido de S-(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) en savia muestra el valor superior en *M. senegalensis* (3.030 mg L<sup>-1</sup>) y el inferior en *J. acutus* (2.369 mg L<sup>-1</sup>) y a nivel foliar no se aprecian diferencias significativas entre las especies con valores en torno a los 14 mg g<sup>-1</sup> M.S. Los resultados muestran una gran variabilidad en savia en las concentraciones de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P-(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>), S-(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) entre las distintas especies, mientras que en la concentración de Cl<sup>-</sup> no se muestran diferencias significativas. A nivel foliar, no hay diferencias significativas en las concentraciones de Cl<sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y S-(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), mientras que en la concentración de P-(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) hay variabilidad entre las especies. Los ratios de las concentraciones de aniones en savia y hoja son similares en *R. aculeatus* y *M. senegalensis*. Sin embargo, *J. acutus* presenta ratios diferentes en P-(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) y S-(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

## INTRODUCCIÓN

El análisis de savia es un medio dinámico que permite identificar y prever, desde las primeras etapas de cultivo, alguna de las manifestaciones u alteraciones nutricionales que afectan al rendimiento de los cultivos e integra la relación planta-suelo-ambiente que influyen sobre el desarrollo de la planta (García-Caparrós et al., 2014). El material de referencia que denominamos savia corresponde al jugo extraído de los tejidos conductores que proviene tanto del xilema como del floema de la planta (Cadahía, 2008).

El análisis de elementos solubles a nivel foliar, es una técnica ampliamente utilizada para la determinación de nitratos en hoja en hortalizas comestibles (Carrasco, Tapia y Urrestarazu, 2006). La hipótesis de trabajo es relacionar ambas metodologías de

diagnóstico, para los distintos elementos nutricionales que definen la disponibilidad de nutrientes para la síntesis de bioasimilados.

Uno de los principales problemas que se encuentran en el cultivo de plantas ornamentales es la poca información disponible de niveles de referencia en nutrientes a nivel foliar o del extracto celular. Consultando en bibliografía, algunas de las referencias encontradas en savia y en hoja para cultivos ornamentales están descritas por Cadahía (2008) en *Rosa sp.*, *Pinus halepensis*, *Cupressus glabra*, *Cupressocyparis leylandii*, *Arbustus unedo*, *Viburnum tinus* y *Pittosporum tobira*.

*Ruscus aculeatus L.* pertenece a la familia de las *Liliáceas*, es un pequeño arbusto con tallos erguidos formando numerosas ramas cortas y con hojas denominadas cladodios (Moyano et al., 2006). *Maytenus senegalensis* es un arbusto perteneciente a la familia *Celastraceae* (Duarte y Debur, 2005) con hojas pecioladas, alternas y generalmente de color verdoso y coriáceo y las flores son dioicas de color amarillo pálido (Da Silva et al., 2011). *Juncus acutus* es una planta erecta y muy espinosa con numerosos tallos de 1 a 2 metros de altura y las hojas son similares a los tallos. Las raíces forman una estructura fibrosa gruesa con rizomas cortos. Las flores son pequeñas, de color verde a marrón (Brown y Bettink, 2006).

El objetivo de este experimento es determinar los niveles de aniones en el extracto celular y solubles en hoja en los cultivos de *R. aculeatus*, *M. senegalensis* y *J. acutus* fertirrigados con una solución nutritiva estándar y estudiar la potencial relación entre ambos métodos.

## MATERIAL y MÉTODOS

El ensayo tuvo lugar en un invernadero tipo túnel con una superficie de 150 m<sup>2</sup>, localizado en las instalaciones de la Universidad de Almería, con ventilación cenital y control automatizado de la temperatura y la humedad relativa.

Las plantas de *Ruscus aculeatus*, *Maytenus senegalensis* y *Juncus acutus* fueron cultivadas en contenedores de 1,5 L de volumen y el sustrato empleado fue una mezcla de turba rubia y perlita (80:20 v/v). La composición de la solución nutritiva estándar empleada fue: 6,00, 0,70, 2,00, 3,00, 2,00 y 1,40 mmol L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> respectivamente, con un valor de CE 1,5 dS m<sup>-1</sup> y de pH de 6,5. La dosis y frecuencia de fertirriego fue de 70 mL por planta y día durante los 60 días del ensayo.

Se registraron datos de parámetros ambientales (temperatura (T<sup>a</sup>), humedad relativa (HR) y radiación global, cada 15 minutos, por medio de un equipo de adquisición de datos climáticos HOBO SHUTTLE datalogger, modelo H8 RH/Temp/Light/External H08-004-02 de cuatro canales: temperatura ambiental, humedad ambiental, luz y temperatura de sustrato. El sensor utilizado para registrar la radiación global dentro del invernadero fue un piranómetro modelo PYR situado en la parte central del invernadero a la altura del dosel vegetal.

Al final del ensayo, las muestras de hojas jóvenes fueron congeladas a -16 °C durante 24 horas. La extracción de la savia se realizó usando una prensa, de acuerdo con la metodología propuesta por Cadahía (1973). En las muestras de savia se analizaron las concentraciones de aniones (Cl<sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P-H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) mediante cromatografía iónica líquida (HPLC) (Metrohm 883 Basic IC Plus) (Csáky y Martínez-Grau, 1998). Para la determinación de los niveles foliares solubles, la extracción se llevó a cabo mediante agitación de material seco pulverizado en agua durante 2 horas y tras su

filtración, se analizaron los aniones siguiendo la misma metodología que para la determinación en savia.

El diseño experimental fue completamente aleatorio, con 1 tratamiento (solución nutritiva estándar) y 4 repeticiones por tratamiento. A los parámetros estudiados, se les ha aplicado un análisis de varianza (ANOVA) y el test de mínimas diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el establecimiento de grupos homogéneos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedios de  $T^a$ , HR y PAR fueron  $17.1^{\circ}\text{C}$ , 65.6% y  $71.6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ , respectivamente.

La figura 1A muestra los niveles de  $\text{Cl}^-$  en savia ( $\text{mg L}^{-1}$ ) y foliar ( $\text{mg g}^{-1}$  M.S.) al final del ensayo en cada una de las especies estudiadas. Con respecto al contenido en savia cabe destacar que no se aprecian diferencias significativas entre las especies, presentando valores de 18.035, 18.334 y  $17.793 \text{ mg L}^{-1}$  en *R. aculeatus*, *M. senegalensis* y *J. acutus* respectivamente. Este contenido de  $\text{Cl}^-$  es muy superior a los valores presentados por Urrestarazu (2004) en diversos cultivos hortícolas tales como: melón ( $2.400 \text{ mg L}^{-1}$ ), pepino ( $1.700 \text{ mg L}^{-1}$ ) y pimiento ( $2.000 \text{ mg L}^{-1}$ ) e inferior al propuesto por Llanderal et al. (2014) en plantas de tomate fertirrigadas con soluciones nutritivas con rangos de CE de 1,55 a  $2,03 \text{ dS m}^{-1}$  ( $19.483 \text{ mg L}^{-1}$ ) y de 2,05-2,09  $\text{dS m}^{-1}$  ( $21.888 \text{ mg L}^{-1}$ ). A nivel foliar, tampoco se observan diferencias significativas entre las especies, con valores en torno a  $65 \text{ mg g}^{-1}$  de materia seca (MS), siendo muy superiores a los valores propuestos por Madhava-Rao et al. (2006) que sugieren que las plantas contienen una concentración de  $\text{Cl}^-$  en el rango de 2 a  $20 \text{ mg g}^{-1}$  M.S. Los ratios de la concentración de  $\text{Cl}^-$  en savia y hoja son similares en las 3 especies estudiadas (276, 282 y 273).

La figura 1B muestra los niveles de  $\text{N-NO}_3^-$  en savia ( $\text{mg L}^{-1}$ ) y foliar ( $\text{mg g}^{-1}$  M.S.) al final del ensayo en cada una de las especies estudiadas. La concentración de  $\text{N-NO}_3^-$  en savia en *R. aculeatus* ( $312 \text{ mg L}^{-1}$ ) y *M. senegalensis* ( $338 \text{ mg L}^{-1}$ ) son similares y significativamente superiores ( $p < 0,05$ ) a la de *J. acutus* ( $284 \text{ mg L}^{-1}$ ). El contenido de *R. aculeatus* y *M. senegalensis* es inferior respecto a los valores propuestos por Cadahía (2008) en rosa ( $1900 \text{ mg L}^{-1}$ ) y *Cupressus glabra* ( $600 \text{ mg L}^{-1}$ ) y similar a los valores propuestos por Cadahía (2008) en *Pinus halepensis* ( $320 \text{ mg L}^{-1}$ ) y Llanderal et al. (2014) ( $300 \text{ mg L}^{-1}$ ). El contenido de *J. acutus* es similar al valor obtenido por García-Caparrós et al. (2014) ( $270 \text{ mg L}^{-1}$ ) e inferior respecto al propuesto por Cadahía (2008) en *Cupressocyparis leylandii* ( $500 \text{ mg L}^{-1}$ ). Con respecto al contenido a nivel foliar, las especies estudiadas no muestran entre sí diferencias significativas, con valores en torno a  $2,80 \text{ mg g}^{-1}$  M.S., siendo inferiores respecto a los valores propuestos por Uchida (2000) que considera como valores óptimos:  $8 \text{ mg g}^{-1}$  en *Spathiphyllum* y  $7 \text{ mg g}^{-1}$  en rosa. Los ratios de la concentración de  $\text{N-NO}_3^-$  en savia y hoja son similares en las 3 especies estudiadas (111, 120 y 97).

La figura 2A muestra los niveles de  $\text{P-(H}_2\text{PO}_4^-)$  en savia ( $\text{mg L}^{-1}$ ) y foliar ( $\text{mg g}^{-1}$  M.S.) al final del ensayo en cada una de las especies estudiadas. El contenido de  $\text{P-(H}_2\text{PO}_4^-)$  en savia presenta el valor superior en *R. aculeatus* ( $431 \text{ mg L}^{-1}$ ) y el inferior en *J. acutus* ( $19 \text{ mg L}^{-1}$ ). El contenido de *R. aculeatus* es inferior respecto a los valores propuestos por Cadahía (2008) en coníferas tales como *Cupressus glabra* ( $600 \text{ mg L}^{-1}$ ) y *Cupressocyparis leylandii* ( $800 \text{ mg L}^{-1}$ ). La concentración de *M. senegalensis* ( $246 \text{ mg L}^{-1}$ ) es inferior respecto a los valores propuestos por Cadahía (2008) en *Pinus halepensis* ( $200 \text{ mg L}^{-1}$ ) y Llanderal et al. (2014) ( $187\text{-}230 \text{ mg L}^{-1}$ ). El contenido de *J.*

*acutus* es similar al valor obtenido por García-Caparrós et al. (2014) (24-28 mg L<sup>-1</sup>) e inferior respecto al propuesto por Cadahía (2008) en rosa (600 mg L<sup>-1</sup>). A nivel foliar, la concentración de P-(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) en *J. acutus* (0,09 mg g<sup>-1</sup> M.S.) es significativamente superior respecto a *R. aculeatus* (0,04 mg g<sup>-1</sup> M.S.) y *M. senegalensis* (0,02 mg g<sup>-1</sup> M.S.), siendo estos significativamente inferiores a los valores propuestos por Santos et al. (2011) en *Pelargonium peltatum* (0,45 mg g<sup>-1</sup> M.S.) y en *Lantana camara* (5,50 mg g<sup>-1</sup> M.S.). Los ratios de la concentración de P-(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) en savia y hoja son similares en *R. aculeatus* y *M. senegalensis* (9.770 y 10.528) siendo muy inferior en *J. acutus* (215).

La figura 2B muestra los niveles de S-(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) en savia (mg L<sup>-1</sup>) y foliar (mg g<sup>-1</sup> M.S.) al final del ensayo en cada una de las especies estudiadas. La concentración de S-(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) en savia muestra el valor superior en *M. senegalensis* (3.030 mg L<sup>-1</sup>) y el inferior en *J. acutus* (2.369 mg L<sup>-1</sup>). El contenido de *R. aculeatus* (2750 mg L<sup>-1</sup>) es inferior respecto al valor propuesto por Lao (2002) (4.894 mg L<sup>-1</sup>) en un cultivo de tomate y muy superior respecto al contenido propuesto por Kuzuhara et al. (2013) (48 mg L<sup>-1</sup>) en un cultivo de arroz. La concentración de *M. senegalensis* es inferior respecto al rango propuesto por Llanderal et al. (2014) (3225-3736 mg L<sup>-1</sup>). El contenido de *J. acutus* es superior respecto al rango propuesto por García-Caparrós et al. (2014) (2.096-2.257 mg L<sup>-1</sup>). Con respecto al contenido a nivel foliar, no se muestran diferencias significativas entre las especies estudiadas, con valores en torno a 14 mg g<sup>-1</sup> M.S., siendo superiores a los propuestos por Santos et al. (2011) en *Osteospermum* (10,9 mg g<sup>-1</sup> M.S.) y en petunia (7,8 mg g<sup>-1</sup> M.S.). Los ratios de la concentración de S-(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) en savia y hoja son similares en *R. aculeatus* y *M. senegalensis* (201 y 216) siendo muy inferior en *J. acutus* (166).

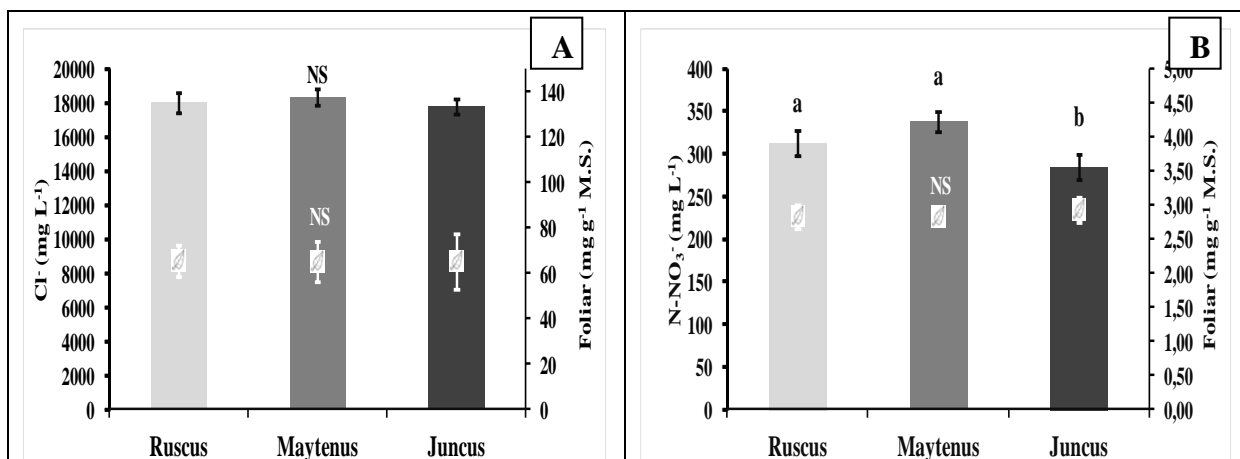
## CONCLUSIONES

Podemos concluir que a nivel de savia las concentraciones de Cl<sup>-</sup> no presentan diferencias significativas entre las especies estudiadas, mientras que en el contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> es mayor en *R. aculeatus* y *M. senegalensis* respecto a *J. acutus* y que las concentraciones de P-(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) y S-(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) presentan una gran variabilidad. A nivel foliar, no se aprecian diferencias significativas entre las especies estudiadas en las concentraciones de Cl<sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y S-(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), mientras que en la concentración de P-(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) es significativamente mayor en *J. acutus*. Los ratios de las concentraciones de aniones en savia y hoja son similares en *R. aculeatus* y *M. senegalensis*. Sin embargo, *J. acutus* presenta ratios diferentes en P-(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) y S-(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

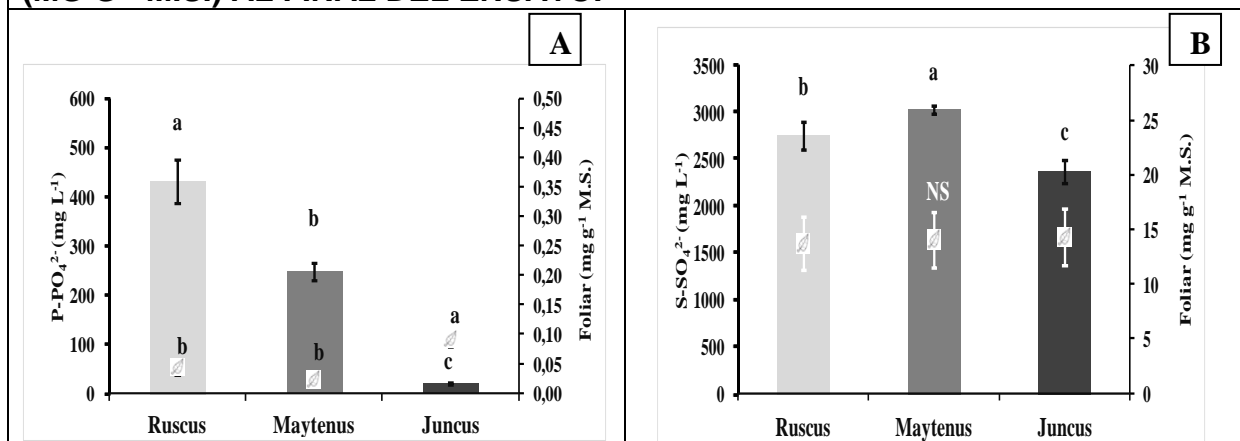
## Referencias

- Brown, K. y Bettink, K. 2006. Biology of Sharp Rush, "*Juncus acutus*". Department of Environment and Conservation. Workshop Wollaston College Conference Centre, Mt Claremont. 63 pp.
- Cadahía, C. 1973. El análisis de la savia como índice de fertilización. Manuales de la ciencia actual, Consejo Superior de investigaciones Científicas, Madrid. 168 pp.
- Cadahía, C. 2008. Fertirrigación. La savia como índice de fertirrigación en cultivos agroenergéticos, hortícolas, frutales y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 255 pp.
- Campbell, C.R. y Plank, C.O. 2000. Foundation for practical application of plant analysis. N.C. Department of Agriculture and Consumer Services. <http://www.ncagr.gov/agronomi>.

- Carrasco, G., Tapia, J. y Urrestarazu, M. 2006. Contenido de nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos. *IDESIA* 24: 25-30.
- Csáky, A.G. y Martínez-Grau, M. A. 1998. *Técnicas Experimentales en Síntesis Orgánica*. Ed. Síntesis. Madrid.
- Da Silva, Serrano, R. y Silva, O. 2011. *Maytenus heterophylla* and *Maytenus senegalensis*, two traditional herbal medicines. *J. Nat. Sci. Biol. Med.* 2:59-65.
- Duarte, M.R. y Debur, M.C. 2005. Stem and leaf morphoanatomy of *Maytenus ilicifolia*. *Fitoterapia* 76: 41-49.
- García-Caparrós, P., Llanderal, A., El-Tarawy, A. y Lao, M.T. 2014. Aplicación de lixiviados como solución nutritiva en *Juncus acutus* y evaluación del contenido de iones en el extracto celular. Congreso SECH. V Jornadas del Grupo de Fertilización.
- Kuzuhara, Y., Isobe, A., Awazuhara, M., Fujiwara, T. y Hayashi, H. 2013. Glutathione levels in phloem sap of rice plants under sulfur deficient conditions. *Soil Science and Plant Nutrition*. 37-41.
- Lao, M.T. 2002. Gestión del fertirriego de los invernaderos de Almería mediante el uso de sondas de succión. Editorial: Servicio de publicaciones de la Universidad de Almería. 252 pp.
- Llanderal, A., García-Caparrós, P., El-Tarawy, A., Segura, M.L. y Lao, M.T. 2014. Concentración de nutrientes en extracto celular en un cultivo de *Maytenus senegalensis*. Congreso SECH. V Jornadas del Grupo de Fertilización.
- Madhava-Rao, K.V., Raghavendra, A.S. y Janardhan, R.K., 2006. *Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants*, ed. Springer. 351 pp.
- Moyano, E., Montero, M., Bonfill, M., Cusidó, R.M., Palazón, J. y Piñol, M.T. 2006. In vitro micropropagation of *Ruscus aculeatus*. *Biología Plantarum* 50: 441-443.
- Munson, R.D. y Nelson, W.L. 1986. *Principles and Practices in Plant Analysis*. En: Walsh L.M. y J.D. Beaton (Eds.). *Soil Testing and Plant Analysis*. 6th Ed. SSSAJ. Madison, Wisconsin, USA: 223-248.
- Santos, K.M., Fisher, P.R. y Argo, W.R. 2011. Survey of tissue nutrient levels in vegetative cuttings. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42:669-693.
- Uchida, R. 2000. Recommended plant tissue nutrient levels for some vegetable, fruit, and ornamental foliage and flowering plants in Hawaii. *Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture*, 57-65.
- Urrestarazu, M. 2004. *Tratado de cultivos sin suelo*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 913 p.



**FIG. 1. CONCENTRACIÓN DE CL<sup>-</sup> (A) Y N-(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (B) EN SAVIA (MG L<sup>-1</sup>) Y HOJA (MG G<sup>-1</sup> M.S.) AL FINAL DEL ENSAYO.**



**FIG. 2. CONCENTRACIÓN DE P-(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) (A) Y S-(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) (B) EN SAVIA (MG L<sup>-1</sup>) Y HOJA (MG G<sup>-1</sup> M.S.) AL FINAL DEL ENSAYO.**