



# MICORRIZACIÓN DE PORTAINJERTOS DE MANZANO MICROPROPAGADOS

## Mycorrhization of micropropagated apple rootstocks

**Alicia Castillo Sallé<sup>1</sup>✉, Adriana Montañez Massa<sup>2</sup>,  
Roberto Docampo Romero<sup>3</sup>, Pablo Rodríguez Bruno<sup>4</sup>,  
Danilo Cabrera Bologna<sup>4</sup> y Roberto Zoppolo Goldschmidt<sup>4</sup>**

**ABSTRACT.** Micropropagation through *in vitro* plant cultivation allows large-scale production of identical individuals genetically to the starting material. Woody species have difficulties in the acclimatization stage due to their slowness in the development of physiological response to environmental changes. The ultimate success of *in vitro* propagation depends on the capacity of plants to adapt in the moment of transferring from the laboratory to the greenhouse conditions. One of the tools to offset losses during acclimatization is the use of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), which sets mutualistic symbiotic associations unspecific with 90 % of vascular plants. AMF, because of their action as agents of growth bioregulation as biofertilizers or biocontrollers have received special attention in handling and propagation of fruit plants. In this work the effects of inoculation with AMF at the start of acclimatization are presented to mycorrhization. Inoculation with one type of AMF over two rootstocks of apple was done in a clone of M9 and one rootstock of the Cornell-Geneva series (RN29 and Geneva<sup>®</sup>41 respectively) set in three different substrates. Seedlings inoculated with AMF when compared to the control, presented further expansion of their leaves, bigger diameter and greater height, all significantly different. Acclimatization period was reduced from 60 to 40 days. The incorporation of this type of technologies could generate a more sustainable management of plant production with less use of agrochemicals.

**RESUMEN.** La micropropagación mediante cultivo *in vitro* de plantas permite la producción a gran escala de individuos genéticamente idénticos al material de partida. Las especies leñosas tienen dificultades en la etapa de aclimatación por la lentitud que presentan en el desarrollo de respuestas fisiológicas y morfológicas a los cambios de ambiente. El éxito final de la propagación *in vitro* depende de la capacidad de transferencia de las plantas desde el laboratorio a las condiciones de invernáculo. Una de las herramientas para contrarrestar las pérdidas durante la aclimatación, es la utilización de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), que establecen asociaciones simbióticas mutualistas no específicas con el 90 % de las plantas vasculares. Los HMA, por su acción como agentes de biorregulación del crecimiento, biofertilizantes o biocontrol, han tenido especial atención en el manejo y propagación de las plantas frutícolas. En este trabajo se presentan los efectos de la inoculación con HMA en el inicio de la aclimatación. Para la micorrización se empleó un solo tipo de inóculo de HMA sobre dos portainjertos de manzano: un clon de M9 y otro de la serie Cornell-Geneva (RN29 y Geneva<sup>®</sup>41, respectivamente) en tres sustratos diferentes. Los plantines inoculados con micorrizas presentaron mayor expansión de sus hojas, mayor diámetro y mayor altura, respecto al control, mostrando diferencias significativas. La aclimatación se redujo de 60 a 40 días. La incorporación de este tipo de tecnología, podría generar beneficios orientados a un manejo sustentable de la producción de plantas con menor uso de agroquímicos.

**Key words:** adaptation, vegetative propagation, symbiosis

**Palabras clave:** adaptación, propagación vegetativa, simbiosis

<sup>1</sup> Unidad de Biotecnología INIA "Las Brujas" Ruta 48, km 10, Canelones Uruguay

<sup>2</sup> Laboratorio de Microbiología de Suelos, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA) Facultad de Ciencias. Mataojo 2055

<sup>3</sup> Suelos y Riego, INIA "Las Brujas" Ruta 48, km 10 Canelones Uruguay.

<sup>4</sup> Programa de Investigación en Producción Frutícola, INIA "Las Brujas" Ruta 48, km 10, Canelones. Uruguay

✉ [acastillo@inia.org.uy](mailto:acastillo@inia.org.uy)

## INTRODUCCIÓN

Uruguay produce fruta de alta calidad que se destina al mercado interno y a la exportación en volumen variable todos los años, representando alrededor del 5 % del valor bruto de producción anual (VBPA)<sup>A</sup>. Para competir en mercados de exportación con alto nivel de exigencia, es necesario alcanzar una alta eficiencia en todas las fases del proceso de

producción. Por esta razón, es fundamental instalar montes con plantas de excelente calidad desde el vivero, ya que la planta es el primer eslabón en la cadena de producción de frutas (1).

La fruticultura moderna se basa en plantaciones que utilizan portainjertos clonales enanizantes, que permiten realizar cultivos en alta densidad. A partir del uso de este tipo de portainjertos, se busca un aumento en la eficiencia de la producción, incrementando los volúmenes y uniformizando la calidad de la fruta, así como ofreciendo resistencia a ciertas plagas y enfermedades del suelo (2). Estos portainjertos se propagan vegetativamente en el campo, mediante el empleo de encepadas (acodo en cepada) y para ello es necesario contar con bloques de plantas madres que suministren volúmenes importantes de plantines enraizados.

Las plantas madres de la encepada deben ser controladas anualmente, para conocer y asegurar que se mantiene el estado sanitario libre de patógenos y enfermedades. La micropropagación es otra forma de obtener plantas clonales de alta calidad (3). Con la aplicación de esta técnica es posible la obtención de un gran número de plantas en pocos meses, conservando la sanidad y la identidad genética del material (4).

La micropropagación consiste en producir plantas a partir de porciones de la planta madre, en general se utilizan ápices meristemáticos vegetativos, cultivados asépticamente en un tubo de ensayo, donde se puedan controlar estrictamente las condiciones del ambiente y la nutrición a través del medio de cultivo (5). Esta técnica, que se ha convertido en una alternativa importante dentro de los métodos de propagación en una amplia gama de especies (6), se compone de una serie de etapas secuenciales: establecimiento, proliferación o multiplicación, enraizamiento y aclimatación (7). Sin embargo, se presentan algunas dificultades ya que una planta que se ha originado *in vitro* difiere en muchos aspectos de las que se forman *in vivo* (8), debido a que las condiciones, tanto ambientales como del sustrato en que crecen, son muy diferentes. Asimismo, es importante señalar que el crecimiento de las plantas *in vitro* es heterótrofo en tanto *in vivo* es autótrofo.

La aclimatación resulta ser el cuello de botella de todo el proceso de micropropagación, debido a la baja sobrevivencia de plantines que se da en el pasaje del crecimiento *in vitro* al crecimiento *in vivo*. El éxito final de la propagación *in vitro* depende de la capacidad de transferencia de las plantas, desde el ambiente del laboratorio a las condiciones de invernáculo.

El ambiente *in vitro*, con una alta humedad relativa, bajo o nulo intercambio gaseoso, escasez de CO<sub>2</sub> durante casi todo el período, producción de etileno y baja densidad fotosintética, induce cambios morfológicos y fisiológicos en las plantas desarrolladas bajo esa condición. La anatomía de la hoja *in vitro* es influenciada por la luz y la humedad, diferenciándose anatómicamente de las originadas *in vivo* (8, 9). Después de transferir las plantas al ambiente *ex vitro*, estas tienen que corregir todas esas anomalías para aclimatarse al nuevo ambiente del invernáculo.

Para aumentar la eficiencia de la aclimatación, se evaluó la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), como forma de conferir mayor resistencia a los factores de estrés ambiental y en su establecimiento en el campo (10). Varios autores han utilizado la inoculación con micorrizas o bacterias promotoras del crecimiento vegetal, como una herramienta para contrarrestar las pérdidas durante la aclimatación (11, 12). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la inoculación con HMA en plantas micropropagadas de portainjerto de manzano en la fase de aclimatación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Como material vegetal se seleccionaron dos portainjertos de manzano: un clon del M9, denominado RN29, de origen belga y un portainjerto de la serie Cornell-Geneva, el Geneva® 41, proveniente de la Universidad de Cornell. Ambos portainjertos se multiplicaron y enraizaron *in vitro*. Las plantas enraizadas se sacaron de los frascos y se lavaron cuidadosamente para remover los restos del medio de cultivo. Al momento del trasplante, los plantines se inocularon con micorriza HMA *Glomus mossae* monoespóric, obtenido por multiplicación en cultivos trampa de *Paspalum dilatatum*.

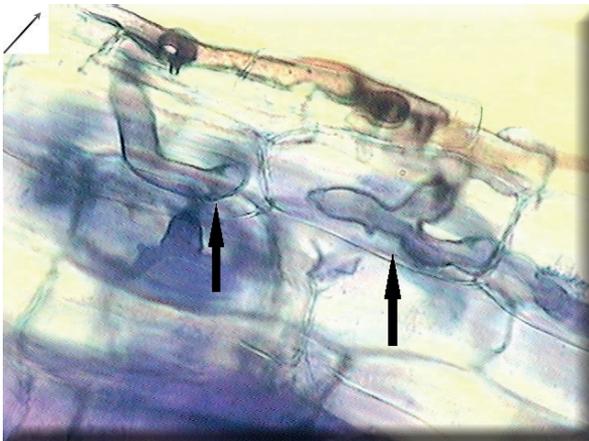
Se colocó 1 g de inóculo en el sustrato, debajo de la planta, al momento del trasplante. Todos los sustratos utilizados fueron autoclavados antes de su uso, 1) compost de cama de caballo; 2) mezcla de ¼ de turba comercial, ¼ de arena, ¼ cáscara de arroz y ¼ de mantillo de pino; 3) turba comercial. El contenido de P del sustrato fue 1,9, 15,6 y 49,6 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente (análisis de extracto de pasta saturada por colorimetría) (13). En los tres casos se evaluó cada sustrato en dos condiciones: con micorriza y sin inoculación, como tratamiento control (seis tratamientos). Se evaluaron 150 plantas por tratamiento, en cada recipiente de aclimatación se utilizaron 20 plantas, repitiéndose el ensayo dos veces. Se tomaron muestras de raíces para determinar la presencia de las micorrizas a los 20 días del trasplante. Las raíces fueron teñidas con azul de tripano a razón de 0,5 g L<sup>-1</sup> en solución 1:1 de ácido láctico:glycerol con modificaciones (14).

<sup>A</sup>Durán, F. V. I. "Situación y perspectivas de las cadenas agroindustriales 2014-2015" [en línea]. En: Anuario OPYPA 2014, edit. MGAP, Montevideo, 2014, pp. 15-38, [Consultado: 30 de junio de 2015], Disponible en: <[http://www.mgap.gub.uy/OpypaPublicaciones/ANUARIOS/Anuario2014/pdf/Anuario\\_2014\\_web.pdf](http://www.mgap.gub.uy/OpypaPublicaciones/ANUARIOS/Anuario2014/pdf/Anuario_2014_web.pdf)>.

A nivel vegetativo se midieron los parámetros de crecimiento: altura de la planta, número de hojas y diámetro del cuello en distintas etapas de la aclimatación. Para evitar la deshidratación se cubrieron las plantas durante los primeros 15 días, luego se fue aumentando paulatinamente la ventilación hasta dejarlas sin cobertura. En esta etapa no se aplicaron fungicidas ni fertilizantes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los tratamientos inoculados con HMA se observaron las primeras estructuras en el establecimiento de la simbiosis en las muestras tomadas a los 20 días del trasplante; como muestra la Figura 1, dentro de las células del tejido radicular se observaron apresorios.



Las flechas indican la presencia de apresorios a los 20 días de la aclimatación en las raíces de plantas inoculadas.

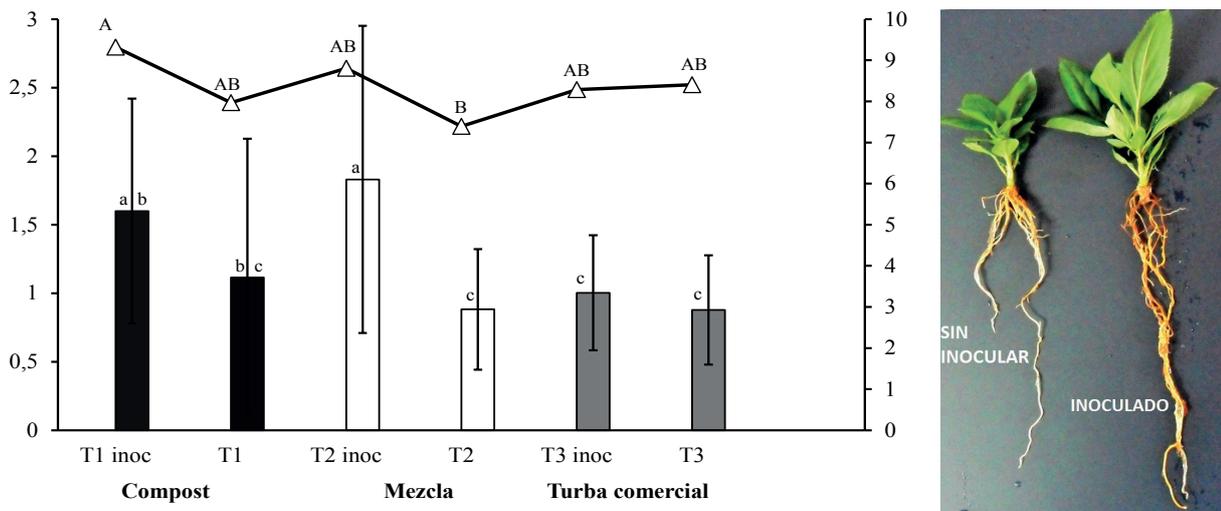
**Figura 1. Desarrollo de las primeras estructuras en el establecimiento de la simbiosis (apresorios) a los 20 días de aclimatación**

La Figura 2 muestra los resultados de la evaluación de los parámetros de crecimiento vegetativo en los seis tratamientos, mostrando en ambos portainjertos el mismo comportamiento. Las plantas inoculadas mostraron diferencia significativa en altura, alcanzando la mayor altura en el sustrato de compost de cama de caballo (T1inoc) y en el sustrato mezcla de turba, arena, cáscara de arroz y mantillo (T2inoc). Entre estos dos tratamientos inoculados con HMA no hubo diferencia significativa. En las plantas trasplantadas en turba comercial se obtuvo la menor altura de las plantas y no hubo diferencia significativa entre las inoculadas y las sin inocular (tratamiento T3inoc y T3).

En el número de hojas se observó diferencia significativa entre los tratamientos 1A (inoculado), con un valor promedio de nueve y el tratamiento 2B (sustrato mezcla sin inocular), con siete hojas en promedio. El resto de los tratamientos mostraron un valor intermedio. Si bien el área foliar no se midió, a simple vista era posible observar una mayor expansión de las hojas en los tratamientos con plantas inoculadas.

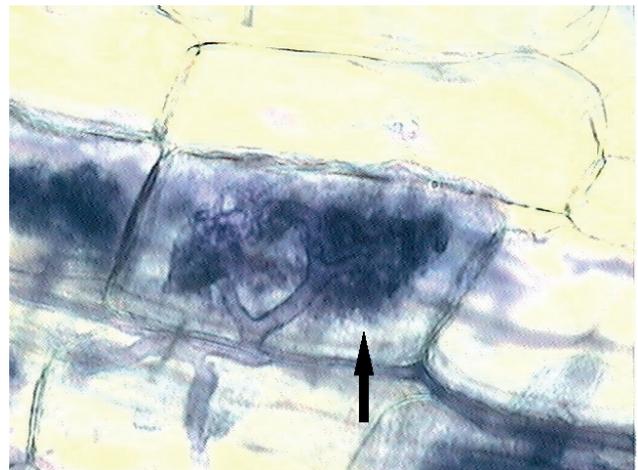
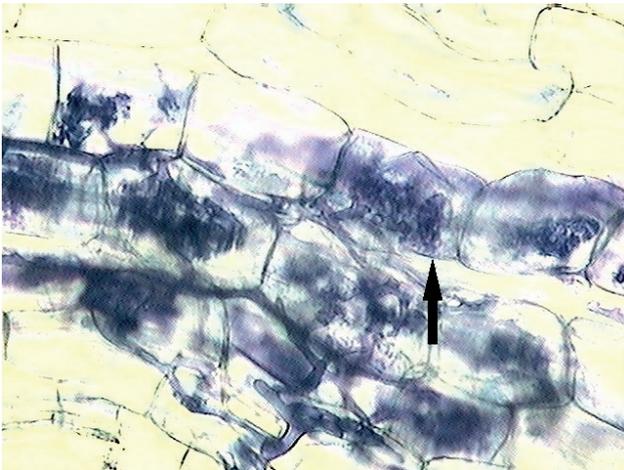
A los 40 días de la aclimatación se realizó una segunda evaluación al microscopio de las células de la raíz. Se observó el desarrollo de estructuras denominadas arbusculos, que corresponden al micelio de la micorriza en todos los tratamientos con inoculación (Figura 3).

Las HMA se encuentran asociadas a la mayoría de las especies vegetales en condiciones naturales (15), colonizan las raíces y desarrollan una red o cordones de hifas externas que se extienden a partir de las mismas, de esa forma aumentan la superficie de contacto entre la planta y el suelo. Este micelio externo actúa como un sistema radical complementario, de extraordinaria importancia para la absorción de nutrientes y agua por las plantas (16).



Letras diferentes indican diferencias significativas según LSD 95 %

**Figura 2. Altura de plantas (barras) y número de hojas (línea) de Geneva®41 a los 20 días de la inoculación con micorrizas (a); plantas del portainjerto RN29 a los 20 días de la aclimatación con y sin inocular (b)**



Las flechas señalan los arbusculos.

### Figura 3. Evaluación de células de las raíces a los 40 días de la aclimatación

Estos microorganismos benéficos han sido ampliamente estudiados y empleados; sin embargo, su aplicación en plantas micropropagadas es escasa. Los resultados muestran la colonización por parte de la micorriza en etapas tempranas de la inoculación del sistema radicular a los 20 días de la aclimatación y las consecuencias de la simbiosis fueron evidentes en los parámetros de crecimiento evaluados.

En diversos grados, todas las plantas cultivadas *in vitro* son susceptibles a la crisis o estrés del trasplante, fase que resulta el cuello de botella de todo el proceso de la micropropagación. El éxito final de la propagación *in vitro* depende de la capacidad de transferencia de las plantas fuera del ambiente del laboratorio a las condiciones de invernáculo, lo cual varía entre las distintas especies; las herbáceas tienen rápida respuesta, en tanto las especies leñosas requieren mayor tiempo para su aclimatación. El conocimiento de las características fisiológicas y morfológicas de las plantas que crecen *in vitro* es fundamental para minimizar las pérdidas y asegurar una alta sobrevivencia en el trasplante. Al llevar a cabo la inoculación se facilitó el inicio de los cambios fisiológicos que requieren, con el fin de favorecer la adaptación de las plántulas a la autotrofia y posterior crecimiento *ex vitro* (17).

Tanto la nutrición heterotrófica que se da *in vitro*, como el escaso mecanismo para controlar la pérdida de agua por poca funcionalidad estomática, hacen que la planta micropropagada esté desbalanceada en su capacidad de absorción y reposición del agua transpirada (18). Debido a la falta de cera en la cutícula respecto de las plantas que crecen en invernáculo o a campo, la tasa de transpiración de estas es significativamente más alta cuando están creciendo *in vitro*.

En los primeros 25 días del proceso de aclimatación no se observan cambios a nivel morfológico, pues ocurre una transición lenta de procesos fisiológicos ante los cambios en las condiciones ambientales. Sin embargo, en las plantas inoculadas se observó crecimiento y desarrollo de nuevas hojas en etapas tempranas. En esta asociación simbiótica el hongo se nutre de los carbohidratos almacenados en las células vegetales en formas sencillas de fructosa, glucosa y sacarosa, así como de los exudados radicales de las plantas. Es por esta razón, que la inoculación de plantas micropropagadas en etapas tempranas confiere mayor resistencia a los factores de estrés ambiental en la fase de aclimatación (19).

El fósforo es el principal nutriente, con el que se tienen efectos positivos por la asociación de las plantas con HMA ya que es relativamente inmóvil en el suelo, pero también hay beneficios en la dinámica de otros nutrientes como el N, Zn, Mg y Ca (20). En la elección de los sustratos a evaluar se consideró la sensibilidad de las micorrizas a los niveles de fósforo, se seleccionaron dos sustratos con bajo contenido en P (<1 ppm). No se utilizó régimen de fertilización en las plántulas inoculadas por la relación inversa entre la disponibilidad de P y la colonización de hongos micorrízicos (21, 22). A ello se atribuye que el sustrato 3, con alto contenido de P, no mostró diferencia significativa entre las plantas inoculadas y sin inocular. La actividad de la micorriza se inhibió por la presencia de P.

En los sustratos con bajo contenido en P en los que la inoculación con HMA se tradujo en mayor crecimiento, permitió acortar la etapa de aclimatación de 40 a 60 días.

## CONCLUSIONES

- ◆ Mediante la evaluación de parámetros de desarrollo de las plantas durante la aclimatación se demostró la acción de los hongos micorrízicos arbusculares como agentes de biorregulación del crecimiento, biofertilizantes y biocontrol.
- ◆ Los resultados indican que su aplicación en la fase de aclimatación y vivero puede representar beneficios para los productores, reducción de costos de producción, manejo de productos orgánicos y la obtención de plantas con superior vigor y calidad en menor tiempo.
- ◆ La incorporación de microorganismos benéficos en la agricultura intensiva es importante para lograr sistemas de producción sostenibles y ecosistemas con mayor capacidad de recuperación a condiciones adversas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Robinson, T. "Advances in apple culture worldwide". *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 33, no. SPE1, octubre de 2011, pp. 37-47, ISSN 0100-2945, DOI 10.1590/S0100-29452011000500006.
2. Waman, A. A.; Bohra, P.; Sathyanarayana, B. N.; Umesha, K.; Mukunda, G. K.; Ashok, T. H. y Gowda, B. "Optimization of Factors Affecting *In vitro* Establishment, *Ex vitro* Rooting and Hardening for Commercial Scale Multiplication of Silk Banana (*Musa AAB*)". *Erwerbs-Obstbau*, vol. 57, no. 3, 14 de junio de 2015, pp. 153-164, ISSN 0014-0309, 1439-0302, DOI 10.1007/s10341-015-0244-8.
3. Ahmed, M. R. y Anis, M. "Changes in activity of antioxidant enzymes and photosynthetic machinery during acclimatization of micropropagated *Cassia alata* L. plantlets". *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, vol. 50, no. 5, 6 de junio de 2014, pp. 601-609, ISSN 1054-5476, 1475-2689, DOI 10.1007/s11627-014-9609-1.
4. Lal, M.; Tiwari, A. K.; Gupta, G. N. y Kavita. "Commercial Scale Micropropagation of Sugarcane: Constraints and Remedies". *Sugar Tech*, vol. 17, no. 4, 11 de octubre de 2014, pp. 339-347, ISSN 0972-1525, 0974-0740, DOI 10.1007/s12355-014-0345-y.
5. García, G. R.; Quiroz, K.; Carrasco, B. y Caligari, P. "Plant tissue culture: Current status, opportunities and challenges". *Ciencia e Investigación Agraria*, vol. 37, no. 3, 2010, pp. 5-30, ISSN 0718-1620.
6. Sawant, R. A. y Tawar, P. N. "Use of Sodium Hypochlorite as Media Sterilant in Sugarcane Micropropagation at Commercial Scale". *Sugar Tech*, vol. 13, no. 1, 17 de mayo de 2011, pp. 27-35, ISSN 0972-1525, 0974-0740, DOI 10.1007/s12355-011-0072-6.
7. Villalobos, V. M. y Thorpe, T. A. "Micropropagación: conceptos, metodología y resultados". En: Roca W. M. y Mroginski L. A., Cultivo de tejidos en la agricultura: fundamentos y aplicaciones, edit. CIAT, 1991, pp. 127-141, ISBN 978-958-9183-15-1.
8. Pati, R.; Mishra, M.; Chandra, R. y Muthukumar, M. "Histological and Biochemical Changes in Aegle marmelos Corr. before and after Acclimatization". *Tree Genetics and Molecular Breeding*, vol. 3, no. 1, 2013, pp. 12-18, ISSN 1927-5781.
9. Deccetti, S. F. C.; Soares, A. M.; Paiva, R. y de Castro, E. M. "Effect of the culture environment on stomatal features, epidermal cells and water loss of micropropagated *Annona glabra* L. plants". *Scientia Horticulturae*, vol. 117, no. 4, 18 de agosto de 2008, pp. 341-344, ISSN 0304-4238, DOI 10.1016/j.scienta.2008.05.020.
10. Nadeem, S. M.; Ahmad, M.; Zahir, Z. A.; Javaid, A. y Ashraf, M. "The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments". *Biotechnology Advances*, vol. 32, no. 2, marzo de 2014, pp. 429-448, ISSN 0734-9750, DOI 10.1016/j.biotechadv.2013.12.005.
11. Tauler, M. y Baraza, E. "Improving the acclimatization and establishment of *Arundo donax* L. plantlets, a promising energy crop, using a mycorrhiza-based biofertilizer". *Industrial Crops and Products*, vol. 66, abril de 2015, pp. 299-304, ISSN 0926-6690, DOI 10.1016/j.indcrop.2014.12.039.
12. Baum, C.; El-Tohamy, W. y Gruda, N. "Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: A review". *Scientia Horticulturae*, vol. 187, 13 de mayo de 2015, pp. 131-141, ISSN 0304-4238, DOI 10.1016/j.scienta.2015.03.002.
13. Benton, J. J. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. edit. CRC Press, 28 de junio de 2001, 382 p., ISBN 978-1-4200-2529-3.
14. Brundrett, M. C.; Piché, Y. y Peterson, R. L. "A new method for observing the morphology of vesicular-arbuscular mycorrhizae". *Canadian Journal of Botany*, vol. 62, no. 10, 1 de octubre de 1984, pp. 2128-2134, ISSN 0008-4026, DOI 10.1139/b84-290.
15. Mello, C. M. A. de; Silva, G. A. da; Assis, D. M. A. de; Pontes, J. S. de; Ferreira, A. C. de A.; Leão, M. P. C.; Vieira, H. E. E.; Maia, L. C. y Oehl, F. "Paraglomus pernambucanum sp. nov. and Paraglomus bolivianum comb. nov., and biogeographic distribution of Paraglomus and Pacispora". *Journal of Applied Botany and Food Quality*, vol. 86, no. 1, 24 de septiembre de 2013, ISSN 1439-040X, DOI 10.5073/JABFQ.2013.086.016, [Consultado: 8 de enero de 2016], Disponible en: <<http://pub.jki.bund.de/index.php/JABFQ/article/view/2399>>.
16. Barea, J. M.; Pozo, M. J.; Azcón, R. y Azcón-Aguilar, C. "Microbial co-operation in the rhizosphere". *Journal of Experimental Botany*, vol. 56, no. 417, 7 de enero de 2005, pp. 1761-1778, ISSN 0022-0957, 1460-2431, DOI 10.1093/jxb/eri197, PMID: 15911555.
17. Azcón-Aguilar, C. y Barea, J. M. "Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials". *Scientia Horticulturae*, vol. 68, no. 1-4, 3 de marzo de 1997, pp. 1-24, ISSN 0304-4238, DOI 10.1016/S0304-4238(96)00954-5.
18. Gutiérrez, E. M. A.; Cetina, A. V. M.; Sahagún-Castellanos, J.; Azpíroz, R. H. S.; Rodríguez, D. la O. J. L. y Martínez, R. R. "Micropropagación clonal *in vitro* en «*Eucalyptus Grandis*» y «*E. Urophylla*»". *Ra Ximhai: Revista Científica de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sostenible*, vol. 1, no. 1, 2005, pp. 111-130, ISSN 1665-0441.

19. Liu, Z.-L.; Li, Y.-J.; Hou, H.-Y.; Zhu, X.-C.; Rai, V.; He, X.-Y. y Tian, C.-J. "Differences in the arbuscular mycorrhizal fungi-improved rice resistance to low temperature at two N levels: Aspects of N and C metabolism on the plant side". *Plant Physiology and Biochemistry*, vol. 71, octubre de 2013, pp. 87-95, ISSN 0981-9428, DOI 10.1016/j.plaphy.2013.07.002.
20. Urcoviche, R. C.; Gazim, Z. C.; Dragunski, D. C.; Barcellos, F. G. y Alberton, O. "Plant growth and essential oil content of *Mentha crispera* inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi under different levels of phosphorus". *Industrial Crops and Products*, vol. 67, mayo de 2015, pp. 103-107, ISSN 0926-6690, DOI 10.1016/j.indcrop.2015.01.016.
21. Douds, D. D.; Nagahashi, G.; Reider, C. y Hepperly, P. R. "Choosing a Mixture Ratio for the On-Farm Production of AM Fungus Inoculum In Mixtures of Compost and Vermiculite". *Compost Science & Utilization*, vol. 16, no. 1, 1 de enero de 2008, pp. 52-60, ISSN 1065-657X, DOI 10.1080/1065657X.2008.10702355.
22. Birhane, E.; Sterck, F. J.; Fetene, M.; Bongers, F. y Kuyper, T. W. "Arbuscular mycorrhizal fungi enhance photosynthesis, water use efficiency, and growth of frankincense seedlings under pulsed water availability conditions". *Oecologia*, vol. 169, no. 4, 28 de enero de 2012, pp. 895-904, ISSN 0029-8549, 1432-1939, DOI 10.1007/s00442-012-2258-3.

Recibido: 15 de mayo de 2015

Aceptado: 3 de diciembre de 2015

## NÚMERO ESPECIAL

*Este número de la revista está dedicado  
al X Congreso Internacional de Biotecnología Vegetal (BioVeg2015)*

---

### Nota:

Durante el proceso de edición no se pudo acceder al trabajo de retoque y mejoramiento de imágenes, por lo que estas han sido insertadas con la misma calidad con la que enviaron sus autores.

La Editorial

# TUTORIAL

## NÚMERO ESPECIAL

*Este número de la revista está dedicado  
al X Congreso Internacional de Biotecnología Vegetal (BioVeg2015)*

*El Centro de Bioplantas es una institución de investigaciones científicas, adscrita a la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez” del Ministerio de Educación Superior de Cuba. El mismo surge en 1987 como un laboratorio de investigaciones y micropropagación de plantas frutales. Desde 1992, tiene como misión desarrollar, aplicar y ofrecer tecnologías, productos, asistencia técnica y servicios académicos de excelencia en el marco de la Biotecnología Vegetal.*

*El grupo de investigadores, técnicos de laboratorio y otro personal auxiliar altamente calificados, han sido galardonados con premios relevantes de la Academia de las Ciencias de Cuba y con reconocimientos por la labor que realizan en la transferencia de resultados científicos y tecnológicos, la producción de vitroplantas para el comercio internacional, y la educación postgraduada. Para el trabajo científico cuenta con seis laboratorios: Cultivo de Células y Tejidos Vegetales, Agrobiología, Interacción Planta-Patógeno, Ingeniería Metabólica, Mejoramiento Genético de Plantas y Computación Aplicada. Todos con las mejores facilidades y un equipamiento de alta calidad para asegurar resultados relevantes.*

*El Centro de Bioplantas desde 1997 y, como bienal, desarrolla su Congreso Internacional de Biotecnología Vegetal (BioVeg), el cual constituye un marco excepcional para el intercambio de conocimientos y experiencias entre científicos, docentes y productores. En este se debaten en forma de Conferencia Magistrales, Talleres y Mesas Redondas durante sesiones de trabajo, los resultados más relevantes y los problemas más acuciantes que enfrenta la biotecnología vegetal cubana y mundial.*

*Por todo lo anterior, el Comité Organizador de BioVeg2015 en su décima edición se complace en presentarles una muestra representativa de 19 trabajos científicos completos recibidos y siente profunda satisfacción en invitarlos para el próximo BioVeg2017 que se desarrollará en la fecha 22-26 del mes de mayo.*

---

### Nota:

Durante el proceso de edición no se pudo acceder al trabajo de retoque y mejoramiento de imágenes, por lo que estas han sido insertadas con la misma calidad con la que enviaron sus autores.

La Editorial