

Embriogénesis Somática

Instructor: Dr. Víctor M. Loyola Vargas

I. Justificación

La biología vegetal moderna requiere de herramientas que permitan la regeneración y multiplicación de plantas, así como de modelos que permitan estudiar procesos como el de diferenciación celular de una forma más efectiva que la de los modelos que se encuentran en la naturaleza. La embriogénesis somática provee dichas herramientas. Por ello su estudio es un factor indispensable en la aplicación de las nuevas tecnologías biotecnológicas y en la generación de conocimiento sobre los procesos de diferenciación celular y desarrollo.

II. Ubicación de la materia

Conocimientos previos	Biología celular, Anatomía vegetal, Cultivo de tejidos vegetales
Áreas de aplicación	Biotecnología, Bioquímica, Biología molecular

III. Objetivo general

El objetivo general de este curso es el de que el alumno adquiera el conocimiento básico y las herramientas necesarias sobre el proceso de embriogénesis somática para que las aplique en la generación de nuevas biotecnologías o en la generación de nuevos modelos para el estudio de la diferenciación celular y el desarrollo.

IV. Metodología

El curso de embriogénesis somática constará de 30 horas. Las sesiones serán tanto del tipo seminario para el análisis y discusión de artículos como del tipo conferencia.

V. Contenido programático

Introducción

1. Historia de la embriogénesis somática.

Objetivo específico

Que el alumno conozca los antecedentes que sentaron las bases del desarrollo de la embriogénesis somática.

Unidad I. Embriogénesis cigótica

1. Flor femenina.
2. Flor masculina.
3. Fecundación.
4. Desarrollo de las estructuras embrionarias.

Objetivo específico

Que el alumno conozca cómo se lleva a cabo la generación y el desarrollo de los embriones cigóticos. Así como que sea capaz de identificar anatómicamente todas las partes de un embrión cigótico.

Unidad II. Factores que intervienen en el establecimiento de la embriogénesis somática

1. La planta donadora.
 - a. Genotipo.
2. El explante
 - a. Cotiledones.
 - b. Hipocotilos.
 - c. Embriones cigóticos.
 - d. Ápices caulinares.
 - e. Segmentos de tallo.
 - f. Hojas.
 - g. Raíces.
 - h. Inflorescencias inmaduras.
 - i. Nucelas aisladas.
 - j. Endospermo.
 - k. Anteras.
3. Pretratamientos.
 - a. Fotoperiodo
 - b. Presencia de reguladores del crecimiento.
4. Reguladores del crecimiento
 - a. Auxinas.
 - b. Citocininas.

- c. Ácido abscísico.
 - d. Ácido giberélico.
 - e. Etileno.
 - f. Ácido salicílico.
 - g. Poliaminas.
 - h. Brasinoesteroides.
5. El medio de cultivo
 - a. La fuente de nitrógeno.
 - b. Los macronutrientes.
 - c. La fuente de carbono.
 - d. El gelificante.
 6. Otras adiciones
 7. El medio ambiente
 - a. Densidad del inóculo.
 - b. Iluminación.
 - c. Temperatura.
 - d. Choque térmico.
 - e. Contenedores.
 - f. Agitación.
 - g. Aeración

Objetivos específicos

Que el alumno conozca los diferentes factores que intervienen en el establecimiento exitoso de cultivos embriogénicos, aprenda cómo establecer un sistema embriogénico y sea capaz de diseñar experimentos para caracterizarlos y generar modelos para el estudio del proceso embriogénico, así como para diversas aplicaciones.

Unidad III. Embriogénesis somática

1. Eventos tempranos en la embriogénesis somática.
2. Aspectos morfogénicos de la embriogénesis somática.
3. Patrones estructurales y de desarrollo durante la embriogénesis somática.
4. Aspectos fisiológicos de la embriogénesis somática.
5. Aspectos bioquímicos de la embriogénesis somática.
 - a. Sincronización.
 - b. Proteómica de la inducción de la embriogénesis somática.
 - c. Enzimas que se inducen o activan durante la inducción de la embriogénesis somática.
6. Aspectos moleculares de la embriogénesis somática.
 - a. Genes que se expresan durante la inducción de la embriogénesis somática.
 - b. Metilación del ADN.
 - c. Modificación de las histonas.

Objetivos específicos

Que el alumno conozca los factores que inducen la diferenciación celular por la vía embriogénica y de los factores que regulan su expresión.

Unidad IV. Aplicaciones de la embriogénesis somática

1. Criopreservación de embriones somáticos.
2. Escalamiento del proceso de embriogénesis somática.
 - a. Biorreactores.
 - b. Ritas.
 - c. Otros sistemas de propagación masiva.
3. Aplicaciones de la embriogénesis somática.
 - a. Propagación masiva.
 - b. Transformación genética.
 - c. Producción de semilla artificial.

Objetivos específicos

Que el alumno conozca las posibles aplicaciones prácticas de la embriogénesis somática y que desarrolle habilidades que le permitan emplear esta metodología para desarrollar nuevas aplicaciones.

Actividades de aprendizaje

Revisión y discusión de los artículos en los que se describen los antecedentes que llevaron al descubrimiento de la embriogénesis somática.

Análisis de las diferentes técnicas para la generación de cultivos embriogénicos y diseño de experimentos para la obtención de células embriogénicas.

Análisis de los factores que afectan el desarrollo de los embriones somáticos, con el fin de entender los mecanismos que regulan su comportamiento en el tubo de ensaye.

Aplicación de las metodologías que se utilizan actualmente para la producción masiva de plantas, mediante la embriogénesis somática.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

El alumno será evaluado de acuerdo con los siguientes parámetros:

- ◆ La calificación para acreditar el curso será de 80 puntos.
- ◆ Para tener derecho a acreditar el curso es requisito el entregar todos los trabajos oportunamente.

ACTIVIDAD	PORCENTAJE
-----------	------------

2 exámenes parciales	60
Investigación bibliográfica, discusión y moderación de un tema por alumno	40

Bibliografía

La bibliografía para un tema como el de este curso debe ser dinámica, por ello la bibliografía que se enlista a continuación cambiará conforme se vaya generando nueva información.

Libros

Bock G. y J. Marsh, Applications of plant cell and tissue culture, John Wiley & Sons, Chichester, pp 1-267, (1988).

Jain S.M., P.K. Gupta y R.J. Newton, Somatic embryogenesis in woody plants Vol. 2. Angiosperms, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, pp 1-509, (1995).

Raghavan V., Experimental embryogenesis in vascular plants, Academic Press, London, pp 1-603, (1976).

Thorpe T.A., *In vitro* embryogenesis in plants, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp 1-558, (1995).

Muestra de artículos de revisión (2006-2011)

Eckardt N. A., Genetic and epigenetic regulation of embryogenesis, *Plant Cell*, 18: 781-784, (2006).

Fehér A., Why somatic plant cells start to form embryos?, en: Somatic embryogenesis, (Mujib A. y J. Samaj, eds.), Springer, Berlin, Heidelberg, 85-101, (2006).

Hoshino T. y J. Cuello, Environmental design considerations for somatic embryogenesis, en: Somatic embryogenesis, (Mujib A. y J. Samaj, eds.), Springer, Berlin, Heidelberg, 25-34, (2006).

Igasaki T., N. Akashi y K. Shinohara, Somatic embryogenesis in *Cryptomeria japonica* D. Don: gene for phyto-sulfokine (PSK) precursor, en: Somatic embryogenesis, (Mujib A. y J. Samaj, eds.), Springer, Berlin, Heidelberg, 201-213, (2006).

Ikeda M. y H. Kamada, Comparison of molecular mechanisms of somatic and zygotic embryogenesis, en: Somatic embryogenesis, (Mujib A. y J. Samaj, eds.), Springer, Berlin, Heidelberg, 51-68, (2006).

Jiménez V. M. y C. Thomas, Participation of plant hormones in determination and progression of somatic embryogenesis, en: Somatic embryogenesis, (Mujib A. y J. Samaj, eds.), Springer, Berlin, Heidelberg, 103-118, (2006).

Matsubayashi Y. y Y. Sakagami, Peptide hormones in plants, *Annu. Rev. Plant Biol.*, 57: 649-674, (2006).

Mujib A., S. Banerjee y P. Ghosh, Origin, development and structure of somatic embryos in selected bulbous ornamentals: BAP as inducer, en: Somatic embryogenesis, (Mujib A. y J. Samaj, eds.), Springer, Berlin Heidelberg, 15-24, (2006).

Quiroz-Figueroa F. R., R. Rojas-Herrera, R. M. Galaz-Avalos y V. M. Loyola-Vargas, Embryo production through somatic embryogenesis can be used to study cell differentiation in plants, *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 86: 285-301, (2006).

Samaj J., M. Bobák, A. Blehová y A. Pret'ová, Importance of cytoskeleton and cell wall in somatic embryogenesis, en: Somatic embryogenesis, (Mujib A. y J. Samaj, eds.), Springer, Berlin, Heidelberg, 35-50, (2006).

Suprasanna P. y V. A. Bapat, Differential gene expression during somatic embryogenesis, en: Somatic embryogenesis, (Mujib A. y J. Samaj, eds.), Springer, Berlin, Heidelberg, 305-320, (2006).

Tang W. y R. J. Newton, Genome-wide expression analysis of genes involved in somatic embryogenesis, en: Somatic embryogenesis, (Mujib A. y J. Samaj, eds.), Springer, Berlin, Heidelberg, 69-83, (2006).

Tchorbadjieva M. I., Protein markers for somatic embryogenesis, en: Somatic embryogenesis, (Mujib A. y J. Samaj, eds.), Springer, Berlin, Heidelberg, 215-233, (2006).

Thomas C. y V. M. Jiménez, Mode of action of plant hormones and plant growth regulators during induction of somatic embryogenesis: molecular aspects, en: Somatic embryogenesis, (Mujib A. y J. Samaj, eds.), Springer, Berlin, Heidelberg, 157-175, (2006).

Santana-Buzzy N., R. Rojas-Herrera, R. M. Galaz-Avalos, J. R. Ku-Cauich, J. Mijangos y V. M. Loyola-Vargas, Coffee, en: Transgenic crops V, (Pua E. C. y M. R. Davey, eds.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 475-495, (2007).

Arnold S. y D. Clapham, Spruce embryogenesis, en: Plant embryogenesis, (Suárez M. F. y P. V. Bozhkov, eds.), Humana Press, Totowa, 31-47, (2008).

Fehér A., The initiation phase of somatic embryogenesis: what we know and what we don't, *Acta Biologica Szegediensis*, 52: 53-56, (2008).

Fontanet P. y C. M. Vicent, Maize embryogenesis, en: Plant embryogenesis, (Suárez M. F. y P. V. Bozhkov, eds.), Humana Press, Totowa, 17-29, (2008).

Park S. y J. J. Harada, Arabidopsis embryogenesis, en: Plant embryogenesis, (Suárez M. F. y P. V. Bozhkov, eds.), Humana Press, Totowa, 3-16, (2008).

Smertenko A. P. y P. J. Hussey, Immunolocalization of proteins in somatic embryos: applications for studies on the cytoskeleton, en: Plant embryogenesis, (Suárez M. F. y P. V. Bozhkov, eds.), Humana Press, Totowa, 157-171, (2008).

Karami O., B. Aghavaisi y A. M. Pour, Molecular aspects of somatic-to-embryogenic transition in plants, *J. Chem. Biol.*, 2: 177-190, (2009).

Yang X. y X. Zhang, Regulation of somatic embryogenesis in higher plants, *Crit. Rev. Plant Sci.*, 29: 36-57, (2010).

Zavattieri M. A., A. M. Frederico, M. Lima, R. Sabino y B. Arnholdt-Schmitt, Induction of somatic embryogenesis as an example of stress-related plant reactions, *Elect. J. Biotechnol.*, 13: (2010).

Artículos históricos

Guha S. y S. C. Maheshwari, *In vitro* production of embryos from anthers of *Datura*, *Nature*, 204: 497, (1964).

Halperin W., *In vitro* embryogenesis: some historical issues and unresolved problems, en: *In vitro* embryogenesis in plants, (Thorpe T. A., ed.), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1-16, (1995).

Krikorian A. D. y L. K. Simola, Totipotency, somatic embryogenesis, and Harry Waris (1893-1973), *Physiol. Plant.*, 105: 348-355, (1999).

Reinert J., Uber die kontrolle der morphogenese und die induktion von adventivembryonen an gewebeulturen aus karotten, *Planta*, 53: 318-333, (1959).

Steward F. C., M. O. Mapes, A. E. Kent y R. D. Holsten, Growth and development of cultured plant cells, *Science*, 143: 20-27, (1964).

Steward F. C., M. O. Mapes y K. Mears, Growth and organized development of cultured cells. II. Organization in cultures grown from freely suspended cells, *Am. J. Bot.*, 45: 705-708, (1958).

Muestra de artículos de investigación (2009-2011)

Santana-Buzzy N., G. López-Puc, A. Canto-Flick, F. Barredo-Pool, E. Balam-Uc, S. Avilés-Viñas, D. Solís-Marroquín, C. Lecona-Guzmán, J. J. Bello-Bello, E. Gómez-Uc y J. O. Mijangos-Cortés, Ontogenesis of the somatic embryogenesis of Habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.), *HortScience*, 44: 113-118, (2009).

Su Y. H., X. Y. Zhao, Y. B. Liu, C. L. Zhang, S. D. O'Neill y X. S. Zhang, Auxin-induced WUS expression is essential for embryonic stem cell renewal during somatic embryogenesis in *Arabidopsis*, *Plant J.*, 59: 448-460, (2009).

Aslam J., A. Mujib, Z. Fatima y M. Sharma, Variations in vinblastine production at different stages of somatic embryogenesis, embryo, and field-grown plantlets of *Catharanthus roseus* L. (G) Don, as revealed by HPLC, *In Vitro Cell. Dev. Biol. -Plant*, 46: 348-353, (2010).

Bian F., C. Zheng, F. Qu, X. Gong y C. You, Proteomic analysis of somatic embryogenesis in *Cyclamen persicum* Mill, *Plant Molecular Biology Reporter*, 28: 22-31, (2010).

Choi P., Y. Mano, A. Ishikawa, M. Odashima, T. Umezawa, T. Fujimura, Y. Takahata y T. Komatsuda, Identification of QTLs controlling somatic embryogenesis using RI population of cultivar x weedy soybean, *Plant Biotechnol. Rep.*, 4: 23-27, (2010).

Doi H., R. Takahashi, T. Hikage y Y. Takahata, Embryogenesis and doubled haploid production from anther culture in gentian (*Gentiana triflora*), *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 102: 27-33, (2010).

Dolgikh Y., A. Stepanova, E. Osipova, A. Tashpulatov, J. Hosp, A. Ribarits, E. Heberle-Bors y A. Touraev, Effect of *NtDCN1* gene activated during embryogenesis on organogenesis in tobacco tissue culture, *Russ. J. Plant Physiol.*, 57: 118-123, (2010).

El Ouakfaoui S., J. Schnell, A. Abdeen, A. Colville, H. Labbé, S. Han, B. Baum, S. Laberge y B. Miki, Control of somatic embryogenesis and embryo development by AP2 transcription factors, *Plant Mol. Biol.*, 74: 313-326, (2010).

Hanai L., E. Floh, M. Fungaro, C. Santa-Catarina, F. de Paula, A. Viana y M. Vieira, Methylation patterns revealed by MSAP profiling in genetically stable somatic embryogenic cultures of *Ocotea catharinensis* (Lauraceae), *In Vitro Cell. Dev. Biol. -Plant*, 46: 368-377, (2010).

Huang X., X. Y. Lu, J. T. Zhao, J. K. Chen, X. M. Dai, W. Xiao, Y. P. Chen, Y. F. Chen y X. L. Huang, MaSERK1 gene expression associated with somatic embryogenic competence

- and disease resistance response in banana (*Musa* spp.), *Plant Molecular Biology Reporter*, 28: 309-316, (2010).
- Kobayashi T., Y. Nagayama, K. Higashi y M. Kobayashim, Establishment of a tissue culture system for somatic embryogenesis from germinating embryos of *Arabidopsis thaliana*, *Plant Biotechnology*, 27: 359-364, (2010).
- Kwon S.-J., S.-W. Hong, N.-S. Kim y J.-C. Kim, Isolation of callus-specific mRNAs from differentiating embryogenic somatic calli of *Pimpinella brachycarpa* by cDNA-AFLP, *Molecules and Cells*, 17: 39-44, (2010).
- Lucau-Danila A., L. Laborde, S. Legrand, L. Huot, D. Hot, Y. Lemoine, J. L. Hilbert, S. Hawkins, M. C. Quillet, T. Hendriks y A. S. Blervacq, Identification of novel genes potentially involved in somatic embryogenesis in chicory (*Cichorium intybus* L.), *BMC Plant Biology*, 10: 122, (2010).
- Ma G., C. He, H. Ren, Q. Zhang, S. Li, X. Zhang y B. Eric, Direct somatic embryogenesis and shoot organogenesis from leaf explants of *Primulina tabacum*, *Biol. Plant.*, 54: 361-365, (2010).
- Montero-Cortés M., F. Rodríguez-Paredes, C. Burgeff, T. Pérez-Nuñez, I. Córdova, C. Oropeza, J. L. Verdeil y L. Sáenz, Characterisation of a cyclin-dependent kinase (CDKA) gene expressed during somatic embryogenesis of coconut palm, *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 102: 251-258, (2010).
- Montero-Cortés M., L. Sáenz-Carbonell, I. Córdova, A. Quiroz, J.-L. Verdeil y C. Oropeza, GA3 stimulates the formation and germination of somatic embryos and the expression of a KNOTTED-like homeobox gene of *Cocos nucifera* (L.), *Plant Cell Rep.*, 29: 1049-1059, (2010).
- Nakano M., Y. Watanabe, T. Nomizu, M. Suzuki, K. Mizunashi, S. Mori, J. Amano, D. S. Han, H. Saito, H. Ryuto, N. Fukunishi y T. Abe, Promotion of somatic embryo production from embryogenic calluses of monocotyledonous and dicotyledonous plants by heavy-ion beam irradiation, *Plant Growth Regul.*, 60: 169-173, (2010).
- Ninkovic S., T. Djordjevic, B. Vinterhalter, B. Uzelac, A. Cingel, J. Savic y S. Radovic, Embryogenic responses of *Beta vulgaris* L. callus induced from transgenic hairy roots, *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 103: 81-91, (2010).
- Palovaara J., H. Hallberg, C. Stasolla y I. Hakman, Comparative expression pattern analysis of WUSCHEL-related homeobox 2 (WOX 2) and WOX8/9 in developing seeds and somatic embryos of the gymnosperm *Picea abies*, *New Phytol.*, (2010). (En prensa)
- Park S. Y., E. Yeung y K. Y. Paek, Endoreduplication in *Phalaenopsis* is affected by light quality from light-emitting diodes during somatic embryogenesis, *Plant Biotechnol. Rep.*, 4: 303-309, (2010).
- Pinto D., B. de Almeida Barros, L. Viccini, J. de Campos, M. Silva y W. Otoni, Ploidy stability of somatic embryogenesis-derived *Passiflora cincinnata* Mast. plants as assessed by flow cytometry, *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 103: 71-79, (2010).
- Prado M., E. Rodriguez, L. Rey, M. González, C. Santos y M. Rey, Detection of somaclonal variants in somatic embryogenesis-regenerated plants of *Vitis vinifera* by flow cytometry and microsatellite markers, *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 103: 49-59, (2010).
- Prakash M. y K. Gurumurthi, Effects of type of explant and age, plant growth regulators and medium strength on somatic embryogenesis and plant regeneration in *Eucalyptus camaldulensis*, *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 100: 13-20, (2010).
- Prange A., M. Serek, M. Bartsch y T. Winkelmann, Efficient and stable regeneration from protoplasts of *Cyclamen coum* Miller via somatic embryogenesis, *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 101: 171-182, (2010).

- Priyono, B. Florin, M. Rigoreau, J. P. Ducos, U. Sumirat, S. Mawardi, C. Lambot, P. Broun, V. Pétiard, T. Wahyudi y D. Crouzillat, Somatic embryogenesis and vegetative cutting capacity are under distinct genetic control in *Coffea canephora* Pierre, *Plant Cell Rep.*, 29: 343-357, (2010).
- Ptak A., A. Tahchy, G. Wyzgolik, M. Henry y D. Laurain-Mattar, Effects of ethylene on somatic embryogenesis and galanthamine content in *Leucojum aestivum* L. cultures, *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 102: 61-67, (2010).
- Sáenz L., G. Herrera-Herrera, F. Uicab-Ballote, J. Chan y C. Oropeza, Influence of form of activated charcoal on embryogenic callus formation in coconut (*Cocos nucifera*), *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 100: 301-308, (2010).
- Solís-Ramos L., S. Nahuath-Dzib, A. Andrade-Torres, F. Barredo-Pool, T. González-Estrada y E. de la Serna, Indirect somatic embryogenesis and morphohistological analysis in *Capsicum chinense*, *Biologia*, 65: 504-511, (2010).
- Song X., Y. Han, W. Teng, G. Sun y W. Li, Identification of QTL underlying somatic embryogenesis capacity of immature embryos in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.), *Plant Cell Rep.*, 29: 125-131, (2010).
- Vidal N., R. Mallón, S. Valladares, A. Meijomín y A. Vieitez, Regeneration of transgenic plants by Agrobacterium-mediated transformation of somatic embryos of juvenile and mature *Quercus robur*, *Plant Cell Rep.*, 29: 1411-1422, (2010).
- Viejo M., R. Rodríguez, L. Valledor, M. Pérez, M. Cañal y R. Hasbún, DNA methylation during sexual embryogenesis and implications on the induction of somatic embryogenesis in *Castanea sativa* Miller, *Sex. Plant Reprod.*, 23: 315-323, (2010).
- Vondrakova Z., M. Cvikrová, K. Eliášová, O. Martincová y M. Vágner, Cryotolerance in Norway spruce and its association with growth rates, anatomical features and polyamines of embryogenic cultures, *Tree Physiol.*, 30: 1335-1348, (2010).
- Zakizadeh H., B. Stummann, H. Lütken y R. Müller, Isolation and characterization of four somatic embryogenesis receptor-like kinase (RhSERK) genes from miniature potted rose (*Rosa hybrida* cv. Linda), *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 101: 331-338, (2010).
- Zhang S. g., S. y. Han, W. h. Yang, H. l. Wei, M. Zhang y L. w. Qi, Changes in H₂O₂ content and antioxidant enzyme gene expression during the somatic embryogenesis of *Larix leptolepis*, *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 100: 21-29, (2010).
- Zhao J., J. Whyte y R. S. Prather, Effect of epigenetic regulation during swine embryogenesis and on cloning by nuclear transfer, *Cell Tissue Research*, 341: 13-21, (2010).
- Aslam J., A. Mujib y M. Sharma, Influence of freezing and non-freezing temperature on somatic embryogenesis and vinblastine production in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don, *Acta Physiol. Plant.*, 33: 473-480, (2011).
- Basnayake S., R. Moyle y R. Birch, Embryogenic callus proliferation and regeneration conditions for genetic transformation of diverse sugarcane cultivars, *Plant Cell Rep.*, 30: 439-448, (2011).
- Gaj M. D., Somatic embryogenesis and plant regeneration in the culture of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. immature zygotic embryo, *Methods in Molecular Biology*, 710: 257-265, (2011).
- Gambino G., M. Minuto, P. Boccacci, I. Perrone, R. Vallania y I. Gribaudo, Characterization of expression dynamics of WOX homeodomain transcription factors during somatic embryogenesis in *Vitis vinifera*, *J. Exp. Bot.*, 62: 1089-1101, (2011).

- Mukul-López H. G., C. De-la-Peña, R. M. Galaz-Avalos y V. M. Loyola-Vargas, Evaluation of the extracellular proteome profile during indirect somatic embryogenesis process of *Coffea arabica*, *Journal of the Mexican Chemical Society*, (2011). (En prensa)
- Peña-Ramírez Y., I. García-Sheseña, Á. Hernández-Espinoza, A. Domínguez-Hernández, F. Barredo-Pool, J. González-Rodríguez y M. Robert, Induction of somatic embryogenesis and plant regeneration in the tropical timber tree Spanish red cedar [*Cedrela odorata* L. (Meliaceae)], *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 105: 203-209, (2011).
- Rode C., S. Gallien, D. Heintz, A. Van Dorsselaer, H. P. Braun y T. Winkelmann, Enolases: storage compounds in seeds? Evidence from a proteomic comparison of zygotic and somatic embryos of *Cyclamen persicum* Mill, *Plant Mol. Biol.*, 75: 305-319, (2011).
- Rodríguez-Sahagún A., G. Acevedo-Hernández, J. Rodríguez-Domínguez, B. Rodríguez-Garay, J. Cervantes-Martínez y O. Castellanos-Hernández, Effect of light quality and culture medium on somatic embryogenesis of *Agave tequilana* Weber var. Azul, *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 104: 271-275, (2011).
- Siddiqui Z., A. Mujib y M. Maqsood, Liquid overlaying improves somatic embryogenesis in *Catharanthus roseus*, *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 104: 247-256, (2011).
- Wu X. M., M. Y. Liu, X. X. Ge, Q. Xu y W. W. Guo, Stage and tissue-specific modulation of ten conserved miRNAs and their targets during somatic embryogenesis of Valencia sweet orange, *Planta*, 233: 495-505, (2011).