



Ingeniera en biotecnología.  
Investigadora en el Instituto de Investigación y Servicios Forestales de la Universidad Nacional.



Bióloga especialista en biotecnología.  
Investigadora en el Instituto de Investigación y Servicios Forestales de la Universidad Nacional.

# La biotecnología en los recursos genéticos forestales

.....| | **Ana Hine y Alejandra Rojas** | .....

**L**a gran demanda de tierras cultivables y de productos forestales, aunada a la urbanización creciente, ha dado lugar a una acelerada deforestación de los bosques naturales, lo que ha llevado a la disminución de individuos que en muchos casos eran catalogados como excelentes árboles reproductores. Consecuentemente, el agotamiento de los bosques ha generado la necesidad de establecer plantaciones forestales para satisfacer la demanda de madera y promover la protección del ambiente. Sin embargo, la gran variabilidad en la calidad de las plantaciones forestales ha obligado a incorporar el mejoramiento genético y la biotecnología forestal como herramientas para lograr los objetivos de producción (Wadsworth, 2000).

La biotecnología es una técnica que comprende el uso de organismos vivos o de compuestos obtenidos de organismos vivos para generar productos de valor para el ser humano. Involucra disciplinas básicas y aplicadas como biología celular y molecular, ingeniería genética y cultivos de tejidos. La clave de la biotecnología se encuentra en que es una rama de investigación multi e inter disciplinaria que posee diferentes estados de desarrollo y es potencialmente



Volver al índice

multisectorial (Valdez, López y Jiménez, 2004; León, 2006).

Actualmente, las técnicas biotecnológicas utilizadas en el sector forestal se pueden clasificar en:

*Cultivo de tejidos o propagación in vitro*, que se refiere al cultivo de células, tejidos y órganos de una planta en condiciones estériles en un medio nutritivo (sólido o líquido) y bajo condiciones ambientales controladas (temperatura y luz), con el fin de que este exprese su potencial (Razdan, 2002; Martínez, Azporoz, Rodríguez, Cetina y Gutiérrez, 2003).

La propagación *in vitro* es aplicada principalmente a la producción masiva de plantas a nivel comercial. La selección puede darse considerando criterios como: especies con problemas de regeneración *in vivo*, bajo porcentaje de germinación o semilla con periodos de viabilidad muy cortos (recalcitrante), especies difíciles de propagar vegetativamente en vivero, especies a las que se les quiere aplicar la técnica de ingeniería genética y especies que al propagarlas *in vitro* conservan una característica que les hace aumentar su valor comercial (George, 1993; Estopá, 2005).

En el caso de las especies forestales, por lo general el cultivo de tejidos se aplica cuando se presentan dificultades de reproducción, sea por problemas de esterilidad, de bajos porcentajes de germinación, de bajos porcentajes de enraizamiento, de fructificación asincrónica o por problemas de reproducción vegetativa clásica. Además, en la actualidad la fuerte demanda de madera ha llevado a buscar alternati-

vas para lograr la rápida multiplicación de material de especies forestales de interés para el establecimiento de plantaciones y cuya regeneración por métodos convencionales no es viable (Daquinta, Ramos, Lezcano, Rodríguez y Escalona, 2000; Agramonte, Delgado, Trocones, Pérez, Ramírez y Gutiérrez, 2001).

Otra de las técnicas biotecnológicas empleadas en la actualidad es la basada en *marcadores moleculares*, que son fragmentos de ADN que pueden corresponder o no a un gen e implican la identificación mediante técnicas bioquímicas de la variación del ADN y proteínas (Martínez et al., 2003).

En las especies forestales los marcadores moleculares se utilizan en aplicaciones como: caracterización de especies, variedades y clones; variabilidad genética; estructura genética; estudios filogenéticos y filogeográficos; genética de la conservación y gestión sostenible del recurso forestal; efecto de la fragmentación del bosque y del manejo forestal; estudios sobre sistemas de cruzamiento; hibridación, conservación de especies o poblaciones amenazadas; flujo genético que comprende: la evaluación de la dispersión de polen y las semillas; identificación de especies e individuos; mapeo genético y secuenciación; y cambio climático y conservación de genes en árboles, entre otros (Hernández, G. Comunicación personal. 14-8-2012).

Recientemente, la biotecnología forestal está incursionando en la *modificación genética* de árboles con el fin de obtener árboles resistentes a herbicidas,



Alejandra Rojas, Cultivo in vitro



Lisette Valverde, Cultivo in vitro

insectos y virus. Además, busca incorporar genes para mejorar las características de producción, como -por ejemplo- modificar el contenido de lignina en beneficio de la industria de papel. Sin embargo, esta técnica se encuentra en estado de investigación, pues se debe definir los aspectos relacionados con los parámetros de bioseguridad de los árboles modificados genéticamente (Martínez et al., 2003).

\* \* \* \* \*

En Costa Rica, la biotecnología forestal ha tenido mayor desarrollo en instituciones de educación superior y en algunos laboratorios del sector privado a partir de los años noventa. Por lo general, en la empresa privada la investigación se ha realizado con el fin de dar solución a algunos de los problemas productivos de-

rivados de los programas de mejora genética (Aguilar y Mesén, 1997).

Actualmente, la Universidad Nacional, y propiamente el Instituto de Investigación y Servicios Forestales (Inisefor), cuenta con un Laboratorio de Cultivo de Tejidos Forestales cuyo objetivo es utilizar las técnicas *in vitro* para mejorar los sistemas de producción de las especies, producir material sano y seleccionado para el establecimiento de plantaciones forestales y contribuir con la conservación genética de especies forestales de importancia económica, ecológica y que se encuentren amenazadas.

Además, el Laboratorio ha realizado investigación con diferentes técnicas de propagación *in vitro* con el fin de establecer protocolos de micropropagación de especies maderables (cuadro 1).

**Cuadro 1.** Protocolos de micropropagación de especies maderables establecidos en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Forestales del Inisefor.

Especie	Técnica	Cita
<i>Cedrela salvadorensis</i>	Organogénesis	Soto, Valverde Rojas y Hine, 2010;
<i>Swietenia macrophylla</i>	Enraizamiento y aclimatización	Azofeifa, Rojas y Hine, 2009.
<i>Albizia guachapele</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Guaiacum sanctum</i> , <i>Platymiscium pinnatum</i>	Organogénesis	Valverde, Rojas y Hine, 2008.
<i>Vochysia ferruginea</i> y <i>Vochysia guatemalensis</i>	Recuperación de embriones cigóticos	Rojas y Valverde, 2005.
<i>Gmelina arborea</i>	Organogénesis	Valverde, Alvarado y Hine, 2004.
<i>Dalbergia retusa</i>	Organogénesis	Valverde y Alvarado, 2004.
<i>Cryptomeria japonica</i>	Organogénesis	Hine y Valverde, 2003.
<i>Ficus obtusifolia</i> , <i>F. jimenezii</i> y <i>F. morazaniana</i>	Recuperación de embriones cigóticos	Valverde y Hine, 2002.
<i>Astronium graveolens</i>	Organogénesis	Valverde, 2002.
<i>Hieronyma alchorneoide</i>	Organogénesis	Valverde, 2000.
<i>Theobroma cacao</i>	Embriogénesis	Valverde y Villalobos, 2000.
<i>Pithecellobium saman</i>	Organogénesis	Valverde, Dufour y Villalobos, 1997.



Lisette Valverde, Cultivo in vitro

El Laboratorio continúa su investigación en micropropagación de especies maderables y direcciona sus esfuerzos en nuevas líneas de investigación como: conservación de germoplasma en apoyo a programas de mejoramiento genético y obtención de productos no maderables del bosque para análisis y extracción de metabolitos secundarios. En el año 2013 se iniciarán dos nuevos proyectos: crio-conservación de polen de teca (*Tectona grandis*) como herramienta para el mejoramiento genético de la especie, y establecimiento *in vitro* de clones superiores de caoba (*Swietenia macrophylla* King).

Los proyectos de investigación a iniciar en 2013 responden a la tendencia mundial de regenerar los bosques con árboles originados de un manejo genético intensivo que combina la biotecnología y la biología molecular. Sin olvidar que el éxito de la biotecnología forestal dependerá de la concientización y conocimiento, por parte de las autoridades del sector forestal, de la importancia de las técnicas biotecnológicas, unido eso a la articulación clave entre academia, sector privado y representantes gubernamentales.

#### Referencias bibliográficas

- Agramonte, D., Delgado, L., Trocones, A., Pérez, M., Ramírez, D. y Gutiérrez, O. (2001). Micropropagación del *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) a partir de segmentos nodales. *Biotechnología vegetal*, 1(2), 109-114.
- Aguilar, M. y Mesén, F. (1997). Estado actual de la biotecnología Forestal en Costa Rica. En: *Primer taller nacional de Biotechnología forestal en Costa Rica*. 44-68 p
- Azofeifa, J., Rojas, A. y Hine, A. (2009). Optimización del proceso de enraizamiento y aclimatización de vitropiantas de *Swietenia macrophylla* King (Orden: Meliaceae). *Tecnología en marcha*, 22(3), 34-41.
- Daquinta, M., Ramos, L., Lezcano, L., Rodríguez, R. y Escalona, M. 2000. Algunos elementos en la propagación de la teca. *Biotechnología vegetal*, 1, 39-44
- Estopá, B. (2005). El cultivo *in vitro* en la reproducción vegetativa de plantas de vivero. *Extra*. Pp. 50-56.
- George, E. (1993). *Plant Propagation by Tissue Culture*. Part 1. The Technology. Exegetics Limited. 574 p.
- Hine, A. y Valverde, L. (2003). Establecimiento *in vitro* de *Cryptomeria japonica* (Taxodiaceae). *Revista Biología Tropical*, 51(3-4), 683-690.
- León, P. (2006). Grupo temático de biotecnología. En: Macaya, G y Cruz, A (Comps.). *Estrategia Siglo XXI. La ciencia y la tecnología en Costa Rica : aportes para su diagnóstico*. Pp.197-216. San José: Fundación Costa Rica Estados Unidos de América para la Cooperación.
- Martínez, R., Azporoz, H., Rodríguez, J., Cetin, V. y Gutiérrez, M. (2003). Aplicaciones de la biotecnología en los recursos genéticos forestales. *Revista Chapingo Serie ciencias forestales y del Ambiente*, 9(1), 17-34
- Razdan, M. (2002). *Introduction to plant tissue culture: Clonal propagation*. 2ª ed. Science Publishers, Inc, Enfield, NH, USA. 375pp.
- Rojas, A. y Valverde, L. (2005). Introducción *in vitro* de *Vochysia ferruginea* y *Vochysia guatemalensis* por cultivo de embriones. En: *Libro de resúmenes IX Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación*. p. 37.
- Soto, B., Valverde, L., Rojas, A. y Hine, A. (2010). Establecimiento *in vitro* de *Cedrela salvadorensis* Standl. *Tecnología en marcha*, 23(4), 66-73.
- Valdez, M., López, R., y Jiménez, L. (2004). Estado actual de la biotecnología en Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 52(3), 733-743.
- Valverde, L., Alvarado, L. y Hine, A. (2004). Micropropagation of clones from controlled crosses of *Gmelina arborea* in Costa Rica. *New forest*, 28, 187-194.
- Valverde L., Rojas A. y Hine A. (2008). *In vitro* propagation of *Albizia guachapele*, *Cedrela odorata*, *Platymiscium pinnatum* and *Guaiacum sanctum*. *Plant tissue. Culture & Biotechnology*, 18 (2), 151-156.
- Valverde L. (2000). Propagación *in vitro* de pílón (*Hyeronia alchorneoides*). *Uniciencia*, 17, 35-38.
- Valverde, L. (2002). Micropropagación de especies forestales nativas. Caso: ron ron. En: *Memoria Taller seminario especies forestales nativas*. Heredia, Costa Rica. p.50.
- Valverde, L. y Alvarado, L. (2004). Organogénesis *in vitro* en *Dalbergia retusa* (Papilionaceae). *Revista Biología Tropical*, 52(1), 41-46.
- Valverde, L. y Hine, A. (2002). Germinación y micropropagación de *Ficus obtusifolia*, *F. jimenezii* y *F. morazaniana*. *Uniciencia*, 19, 77-82.
- Valverde, L. y Villalobos, V. (2000). Efecto del pH, la luz y la concentración de sacarosa en la embriogénesis somática de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Uniciencia*, 17, 39-45.
- Valverde, L., Dufour, M. y Villalobos, V. (1997). *In vitro* propagation of *Pithecellobium saman* (Raintree). En: *Vitro Cellular Developmental Biology Plant*, 33, 38-42.
- Wadsworth, F. (2000). *Producción Forestal para América Tropical*. Washington, DC, US. 603 p