

## LO REAL Y LO POSIBLE: EL PAPEL DE LA CIENCIA EN EL FUTURO DEL ÁLAMO

Reinhard F. Stettler, College of Forest Resources, University of Washington,  
Seattle, WA 98195-2100, USA

### Resumen ampliado

El papel real del álamo en la actualidad representa sólo un anticipo de sus posibles funciones en el mundo del futuro, teniendo en cuenta su diversidad, su productividad y los rasgos versátiles de su desarrollo biológico. Los avances actuales de la ciencia ofrecen oportunidades apasionantes para lograr el mayor potencial del álamo si sabemos aprovecharlos. Éste es, por tanto, el momento de activar la experimentación; y una comunidad internacional de investigación en rápido crecimiento es el medio perfecto para lograrlo. Los experimentos son el alma de toda ciencia natural y el álamo se presta de por sí a la experimentación como ningún otro árbol forestal. Esto se debe haber reconocido cuando allá por 1937, los productores de álamos mejorados fundaron en Italia el primer instituto totalmente dedicado al estudio del álamo y lo denominaron “Stazione sperimentale per la pioppicoltura” (obsérvese: “sperimentale”, y no “ricerca”). En Casale Monferrato, este instituto estableció un prolongado y destacado record de investigación experimental del álamo, que continua actualmente y confiamos en un futuro brillante para esta institución y sus científicos.

### *¿A qué se debe que el álamo sea un árbol tan ideal para la experimentación?*

Una breve lista de sus características clave incluye: (1) un grupo de amplia distribución de 30 especies singulares que cubren una buena parte del Hemisferio Norte; (2) contienen una gran diversidad genética, tanto entre especies como dentro de ellas; (3) todas tienen el mismo número de cromosomas ( $2n=38$ ), pudiendo cruzarse muchas de ellas y dando lugar a híbridos fértiles; (4) rápido crecimiento ( $>20$  Mg/ha./año de biomasa seca por encima del suelo); (5) maduración sexual precoz (3-5 años); (6) fácil para mejora genética (maduración rápida de la semilla y muchas semillas por híbrido); (7) fácil propagación vegetativa en la mayoría de las especies; (8) susceptible para el cultivo de células y tejidos y transformación genética; (9) un genoma pequeño (1,2 pg DNA por núcleo diploide, similar al tomate y al arroz); y (10) gran cantidad de información disponible sobre su morfología, anatomía, biología, bioquímica, patología y genética. Estas características unidas ofrecen un poderoso conjunto y podemos decir que de todos los árboles forestales ninguno le gana al álamo como material experimental. Esto ha atraído a científicos procedentes de muchas disciplinas para estudiar el álamo, antes de nada por su propio interés pero también como sustituto conveniente de otras especies arbóreas más recalcitrantes. En la actualidad, el álamo ha alcanzado la categoría de *árbol modelo* y está exigiendo su puesto legítimo entre otros sistemas modelo en biología como la *Drosophila*, o la crucífera anual, *Arabidopsis*. Para fortalecer su papel como modelo en la biología de los árboles, el **Consorcio Internacional del Genoma del *Populus* (CIGP)** bajo la dirección del Departamento de Energía de los EUA puso en marcha en mayo de 2002 un proyecto histórico que está actualmente dedicado a secuenciar totalmente el genoma de una especie de álamo, el primer árbol forestal. Los resultados de este esfuerzo estarán accesibles públicamente en la primavera del próximo año (Tuskan *et al.*, 2003; véase la página web: <http://www.ornl.gov/ipgc>).

## ***¿Cuál será la importancia de secuenciar el genoma del álamo?***

Los nuevos datos permitirán la comparación del genoma de una especie leñosa perenne con la de una especie herbácea anual plenamente estudiada (*A. thaliana*), ayudando con ello a aclarar los mecanismos de la latencia, el cambio de la fase juvenil a la de madurez, las interacciones a largo plazo huésped-plaga y otros rasgos o características peculiares de las plantas con ciclos de vida prolongados. Ello abre también la puerta para una mejora genética más eficiente y/o para una ingeniería genética dirigida de los principales *rasgos de domesticación*, como los modelos de crecimiento y distribución, la floración o su prevención, las propiedades de la madera, las respuestas al estrés o de los rasgos para nuevas funciones como la bio-curación e incluso productos alimenticios (Bradshaw y Strauss, 2001). Es importante recordar aquí cómo algunos pasos mutacionales abrieron el camino para la transformación de herbáceas silvestres en las importantes plantas de cultivo domesticadas de la actualidad, como el maíz, el trigo, el arroz y otras. En la domesticación de árboles, hasta ahora, se han explotado mutaciones aberrantes (típicamente de origen espontáneo) sobre todo en la industria ornamental (p.ej. formas enanas o columnares, variantes de las flores o de rasgos foliares, como por ejemplo la forma de la hoja o la pigmentación) pero no en programas dirigidos al aumento de la productividad, la tolerancia al estrés o la calidad de la madera. La genómica del álamo favorecerá la colaboración entre científicos de diferentes disciplinas e instituciones y enriquecerá aún más la red de investigadores del álamo a nivel mundial. Finalmente, y de modo importante, este esfuerzo colocará a los investigadores del álamo en condiciones de competir con más éxito para la ayuda financiera procedente de fuentes dedicadas a la biología básica. La dependencia en el pasado de la financiación procedente de la silvicultura y la agricultura ha limitado con frecuencia el progreso de la ciencia del álamo. Al mismo tiempo, los evidentes enlaces para la aplicación darán a los organismos agrícolas y forestales argumentos legítimos para justificar la investigación básica de los árboles.

Los rápidos avances de la genética molecular en los últimos años han ofrecido nuevas herramientas para dar luz a antiguas cuestiones con un nivel más afinado. Los investigadores del álamo se han beneficiado de ello para estudiar por ejemplo el grado de contaminación genética del álamo negro europeo (*P. nigra*) procedente de las plantaciones del híbrido *P. x canadensis*; o para examinar el flujo de genes en las poblaciones híbridas naturales de *P. angustifolia* y *P. fremontii* en Norte América. En efecto, hay multitud de cuestiones para las que son muy adecuadas estas herramientas. Al propio tiempo, puede existir, sin embargo, cierto exceso de confianza en el poder de las técnicas moleculares, especialmente entre los investigadores que se han unido a las hileras de álamos procedentes de ciencias más orientadas al laboratorio. El sesgo molecular, frecuentemente con exclusión de otras disciplinas biológicas, es evidente también en la financiación actual y en las prácticas de financiación y alquiler de los departamentos académicos e instituciones de investigación. Por ello, parece oportuno alertar a **la comunidad de investigación del álamo para restablecer el equilibrio entre el laboratorio y el campo** y trabajar conjuntamente en favor de un sinergismo provechoso entre estas dos áreas de actividad.

### ***El imperativo de la conexión del laboratorio con el campo.***

Parece trivial decir que el campo es el último ensayo para cualquier cosa que hagamos con el álamo. Sin embargo, el campo sigue siendo el último árbitro y ningún laboratorio, cámara de cultivo o invernadero puede sustituir al ambiente del campo. Esto es cierto, sin duda, para un organismo perenne que interactúa con claves ambientales secuenciales en

intervalos diurnos, estacionales, anuales y multianuales. Los perfiles de expresión genética obtenidos en el laboratorio darán, en el mejor de los casos, una primera indicación de la complejidad real del trabajo. Por lo tanto, hay una seria necesidad de un nuevo programa de experimentos de campo cuidadosamente diseñados y replicados. La virtud de tales ensayos es que servirán como sustrato de investigación para todas las disciplinas, desde la más baja a la más alta tecnología. E incluso si se diseñasen para objetivos específicos, los experimentos de campo son esencialmente abiertos, permitiéndonos aprovechar oportunidades inesperadas, como acontecimientos episódicos, desafíos bióticos o abióticos, nuevos intereses o nuevas herramientas. Además, los experimentos de campo, apoyados por datos científicos, son objetos ideales para demostraciones, transferencia de tecnología y educación pública. No hay una forma más convincente para transmitir hechos científicos a un auditorio, que en presencia de árboles reales que crecen en el campo y manifiestan efectos demostrables.

Entre varios ejemplos recientes de tal sinergia productiva entre el campo y el laboratorio, permítanme mencionar dos, ambos financiados dentro del Quinto Programa Marco de la Unión Europea: EUROFACE (<http://www.lukac.plus.com/euroface/>), un proyecto que estudia las respuestas fisiológicas y moleculares del álamo a un CO<sub>2</sub> atmosférico elevado; y POPYOMICS (<http://www.soton.ac.uk/~popyomics/>), un proyecto con varias plantaciones con pedigrí, utilizando la genómica y la cartografía genética para identificar los genes del álamo que determinan el rendimiento y la resistencia a las enfermedades en localizaciones que van desde Italia al Reino Unido.

### ***Una palabra sobre la naturaleza de la financiación.***

No sólo la cuantía sino también la naturaleza de la financiación, puede tener un profundo efecto sobre el proceder de la ciencia. Como observador de culturas de investigación de ambos lados del Atlántico, permítanme ensalzar las virtudes de la *financiación competitiva "extramuros"*, tal como se practica en los Estados Unidos. Con ello pongo de manifiesto la disponibilidad de fondos a nivel nacional o internacional, destinada para fines bien definidos, de los cuales se pueden obtener subvenciones en momentos especificados, a través de procesos cuidadosos de revisión, en libre competencia entre los científicos de muchas instituciones. Este tipo de financiación, cuando se administra debidamente tiende a premiar los estudios impulsados por los investigadores, estimula la innovación, permite la colaboración flexible entre investigadores procedentes de diferentes campos, reduce al mínimo el favoritismo casero y derriba los límites institucionales. Un buen proceso de revisión, libre de conflictos de intereses y una burocracia eficiente son importantes para su éxito. Buenos ejemplos son los programas, de subvenciones de la Fundación Nacional para la Ciencia de los EUA, los Institutos Nacionales de Sanidad o, en un contexto más agrícola, el Programa Nacional de Subvenciones de Iniciativas Competitivas de Investigación, del Departamento de Agricultura de los EUA (NRICGP; <http://www.reeusda.gov/nri/>). Hay que recordar que con el interés de promover una ciencia de calidad debemos captar los mejores jóvenes, dar respuesta a sus talentos creativos, juntarles con otros y premiar su productividad. Afortunadamente, no hay allí escasez de talentos, tenemos simplemente que encontrarlos y cuanto más jóvenes, mejor.

### ***En resumen***

Yo veo todos los ingredientes necesarios para llevar el álamo de su papel real actual a sus mayores posibilidades del día de mañana, es decir: un material biológico notablemente diverso y plástico, presente en muchas partes del mundo; una ciencia que actúa con rapidez,

capaz de desarrollar este material en muchas direcciones; un gran caudal de talento científico impaciente por hacerlo; y una plena justificación para financiar este esfuerzo si consideramos la amplia variedad de funciones que desempeña el álamo en la naturaleza y en la sociedad humana, desde la producción a la conservación, y como un árbol modelo para la ciencia ¿Qué más podríamos pedir?

### ***Referencias***

**Tuskan, G.A., S.P. DiFazio, T.Teichmann.** Poplar genomics is getting popular: The impact of the poplar genome project on tree research. *Plant Biology* (in review)

**Bradshaw, H.D., Jr., and S.H. Strauss. 2001.** Breeding strategies for the 21<sup>st</sup> Century: domestication of poplar. *In: Poplar Culture in North America. Ed. By D.I. Dickmann, J.G. Isebrands, J.E. Eckenwalder, and J. Richardson. NRC Research Press, Ottawa, Canada. pp. 383-394.*