

## La Conservación Genética de los Álamos y su Utilización en China con especial atención al Norte de China

Pierre Sigaud, FAO

China tiene una flora singularmente rica de *Salicaceae*, y en particular de álamos. Se han descrito en China 53 especies de las que 37 están distribuidas en el norte de China<sup>1</sup>. Los álamos, principalmente como clones híbridos, se plantan extensamente en las partes centrales y septentrionales del país para diversas finalidades. Mientras las plantaciones de álamo tienen una función marcada de protección en el norte de China, donde son el componente principal de una gran red de cortinas cortavientos que se está estableciendo en la actualidad, los bosques comerciales para producción de madera constituyen la mayoría de las masas de álamo en las zonas central y oriental de China. Por lo tanto, el caudal genético singular de los álamos del país es generalmente utilizado para la mejora de los árboles pero los pocos bosques naturales que quedan se encuentran sometidos localmente a la presión antrópica. Varios documentos han destacado la necesidad de su conservación sistemática. La investigación sobre la mejora y el cultivo de los álamos está dando una gran prioridad al uso de las aplicaciones de la biotecnología, siendo China el primer país del mundo donde árboles modificados genéticamente (álamos) se han distribuido en programas comerciales de plantación en gran escala. El estado sanitario y la utilización apropiada del caudal de recursos genéticos determinarán la sostenibilidad del cultivo de los álamos en el país, como se describe en este documento.

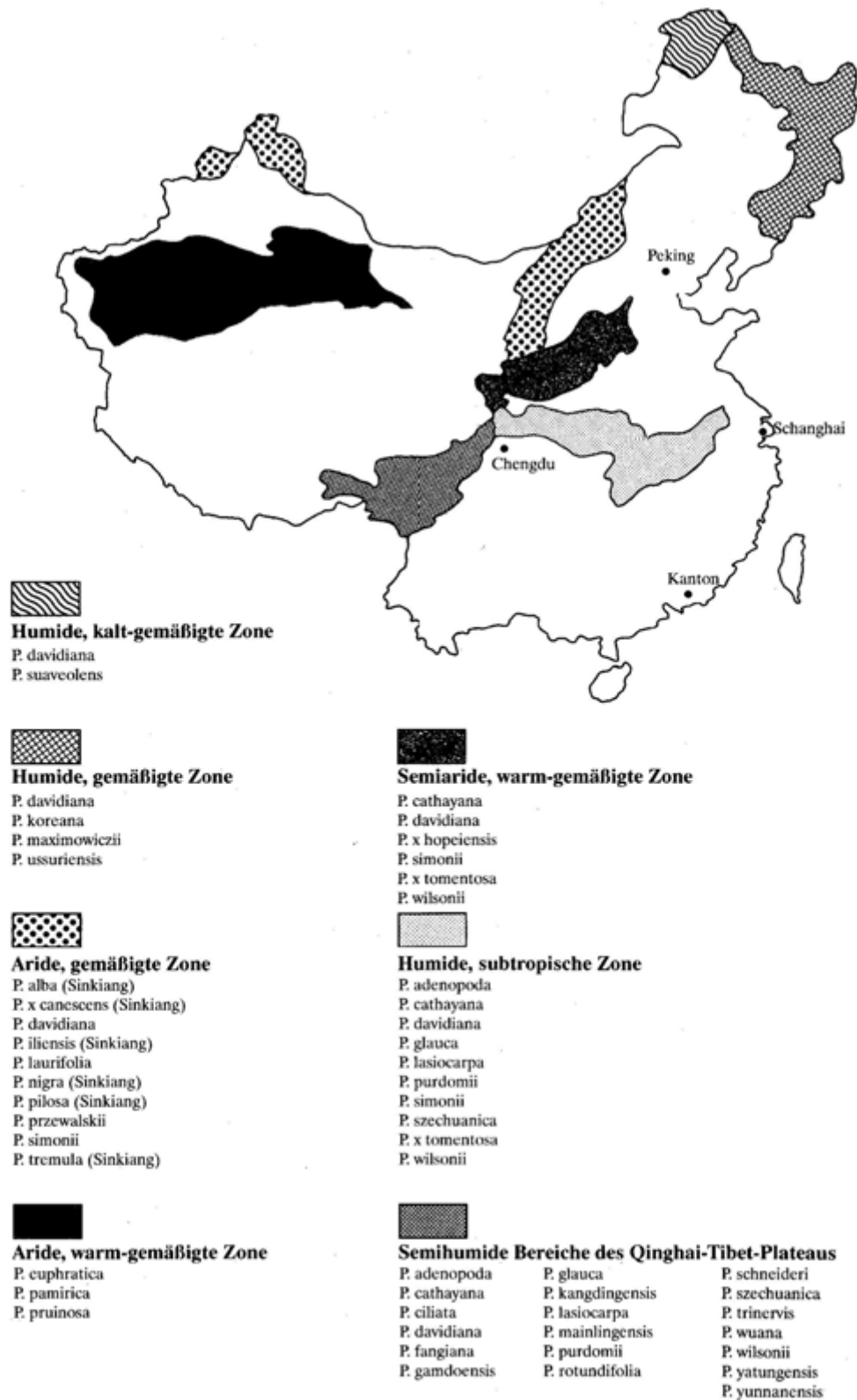
### Distribución y utilización de los álamos

China tiene una flora singularmente rica de *Salicaceae*, y en particular de álamos. De las más de 100 especies de *Populus* registradas en el mundo, 53 han sido descritas por autores chinos (Xu, 1988; Zhao & Cheng, 1994), y 37 están distribuidas por el norte de China (Ibidem; véase el *Cuadro 1*), aunque puede ser desconocida la situación taxonómica de algunas especies, subespecies o variedades. Los álamos han estado durante siglos estrechamente asociados con las actividades humanas, habiéndose utilizado extensamente en China en temas agroforestales y silvopastorales. Como resultado de ello, la distribución general actual de los álamos, incluyendo las especies nativas, difiere considerablemente de las áreas de distribución natural. Antes de 1950, álamos y sauces nativos habían sido plantado extensamente en la parte central y norte de China, junto a las carreteras, canales y líneas de ferrocarril, utilizando procedencias locales (Zheng & Ren, en Zhou & Weisgerber, 1997). En las décadas de 1950 y 1960 se dio gran prioridad a la conservación y restauración del suelo en el nordeste y en la parte central de la Mongolia interior promoviéndose a través de campañas públicas la protección de campos agrícolas, pastizales, ciudades, aldeas y viviendas, mediante el establecimiento de cortinas verdes de protección. Estas iniciativas se tradujeron en programas sistemáticos de plantación de cortinas cortavientos a lo largo de calles, carreteras, campos, canales y ferrocarriles y el empleo de árboles en jardines domésticos. Las características singulares de los álamos negros y del bálsamo (gran capacidad para su propagación vegetativa, rápido crecimiento inicial y disponibilidad

---

<sup>1</sup> En este documento, el término Norte de China se referirá a la zona cubierta por el Programa de Desarrollo de Cortinas Cortavientos de los Tres Nortes (Oficina de los Tres Nortes, 1989), descrito en el Recuadro de la página 5.

local de material reproductivo) les hicieron muy populares. La propagación vegetativa se utilizó ordinariamente con los álamos nativos, complementada con la recolección e intercambio de semillas cuando la cantidad de material local era insuficiente. En los años 60 se recogieron grandes cantidades de semilla (*P. simonii* y *P. pseudosimonii*) en la zona central de Liaoning enviándose a fincas forestales de la llanura nordeste. Los brinzales se cultivaban y seleccionaban en viveros locales y las plantas se instalaban rápidamente en el campo. Se dio poca atención a la procedencia del germoplasma, a la compatibilidad de las especies o clones con la estación, e incluso a los sistemas de cuidado y atención después de la plantación.



**Abbildung 1**

Klimabezogene Zuordnung natürlicher Pappelvorkommen in China  
 Classification of indigenous poplar species of China in respect to the climatic zones

**Figura 1**

Clasificación de las especies nativas de álamos de China respecto a las zonas climáticas  
 (de Weisgerber, en Zhou, Hong & Weisgerber, Horst, 1997)

ESPECIES	Noreste			Norte Central			Noroeste					ALTITUD (m.)
	Heil	Jil	Liao	Mon	Heb	Shan	Shaa	Gan	Nin	Qing	Xin	
<i>P. afghanica</i>											√	1400 - 2800
<i>P. alba</i>											√	450 - 750
<i>P. amuyensis</i>	√			√								600 - 800
<i>P. canescens</i>											√	600 - 700
<i>P. cathayana</i>			√	√	√	√	√	√		√	√	800 - 3200
<i>P. charbinensis</i>	√											300 - 500
<i>P. davidiana</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	200 - 3800
<i>P. euphratica</i>				√				√	√	√	√	2500 - 2900
<i>P. gansuensis</i>								√				1800 - 2000
<i>P. girinensis</i>	√	√										300 - 400
<i>P. hopeiensis</i>					√	√	√	√	√	√		700 - 1600
<i>P. hsinganica</i>	√			√	√							300 - 700
<i>P. iliensis</i>											√	600 - 750
<i>P. jrtyschensis</i>											√	200 - 2000
<i>P. koreana</i>	√	√	√									400 - 1100
<i>P. lasiocarpa</i>							√					1300 - 3500
<i>P. laurifolia</i>											√	1200 - 1700
<i>P. maximowiczii</i>	√	√	√	√	√		√	√				400 - 2000
<i>P. nakaii</i>	√	√	√	√	√							600 - 900
<i>P. nigra</i>											√	400 - 800
<i>P. ningshanica</i>						√	√					600 - 1000
<i>P. pamirica</i>											√	1800 - 2000
<i>P. pilosa</i>											√	1600 - 2300
<i>P. pruinosa</i>											√	300 - 1500
<i>P. przewalskii</i>				√			√		√			500 - 1500
<i>P. pseudomaximowiczii</i>					√		√					1000 - 1600
<i>P. pseudosimonii</i>	√	√	√	√	√	√	√	√		√		300 - 2300
<i>P. pseudotomentosa</i>						√						300 - 1400
<i>P. purdomii</i>					√		√	√				700 - 3300
<i>P. simonii</i>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	600 - 2300
<i>P. suaveollens</i>	√			√								200 - 400
<i>P. szechuanica</i>							√	√				1100 - 4000
<i>P. talassica</i>											√	500 - 1800
<i>P. tomentosa</i>					√	√	√	√				200 - 1800
<i>P. tremula</i>											√	700 - 2300
<i>P. ussuriensis</i>	√	√	√									300 - 1400
<i>P. wilsonii</i>							√	√				1300 - 3300
NÚMERO POR PROVINCIA	12	8	8	11	11	8	14	12	5	6	16	37

Leyenda: Heil: Heilongjiang; Jil: Jilin; Liao: Liaoning; Mon: Inner Mongolia; Heb: Hebei; Shan: Shanxi; Shaa: Shaanxi; Gan: Gansu; Nin: Ningxia; Qing: Qinghai; Xin: Xinjiang

**Cuadro 1:** Distribución de las especies de álamo en el norte de China (basado en Xu, 1988)

Aunque mostraron un buen desarrollo en las mejores condiciones ambientales y cuando se cultivaron en jardines domésticos, los resultados generales de los álamos nativos en el Norte de China fueron poco satisfactorios. Considerando la gran cantidad

de recursos dedicados a estas primeras campañas de plantación en gran escala, las tasas de supervivencia de los brinzales jóvenes fueron inferiores a las expectativas. En las estaciones de plantación más difíciles, las plantas supervivientes vinieron a denominarse “pequeños árboles viejos”. A través de todo ello, se obtuvo sin embargo una experiencia valiosa y única sobre las técnicas de vivero y plantación, y sobre la distribución natural y exigencias ecológicas de las existencias nativas.

Los científicos y productores de plantas mejoras contribuyeron también a traducir en acciones el alto compromiso político por la reforestación. Los primeros se concentraron en la importación de germoplasma extranjero. En el pasado tuvo lugar la introducción de álamos exóticos, incluyendo el *P. nigra* var. *italica* y el *P. nigra* var. *thevestina*, *P. x canadensis*, y *P. deltoides* (habiéndose conocido los híbridos del *P. deltoides* en la zona costera de Hebei como *P. x shanhaiguan* desde el año 1900); aunque su utilización se limitó a plantaciones decorativas en ciudades y jardines botánicos (Zhang Jie & Zhang Qi Wen, en Zhu & Zhang, 1991). El *P. nigra* que se encuentra en la parte occidental de Xinjiang se informa incluso que fue introducido en viejos tiempos por comerciantes que seguían la ruta de la seda. En 1930 se estableció un arboreto en Gaixian, Liaoning, que incluye varias especies de álamos.

Las introducciones sistemáticas sólo se iniciaron a partir de 1949. De 1950 a 1960 se importaron aproximadamente 60 clones por la Academia Forestal China y el Jardín Botánico de Pekín, procedentes de Alemania Oriental, Polonia, Rumanía y la antigua URSS. A principios de los años 70 había clones en China (Zhang y Zhang, 1981) como el I-214, Pioneer, Polska-15, Robusta, Ruskii, Sacrau-79, Serotina y Stalinetz, junto con algunas variedades de *P. x canadensis*, *P. x berolinensis*, *P. laurifolia* y *P. nigra*.

### **Primeros programas de mejora genética y plantación**

La disponibilidad de nuevo germoplasma y las expectativas sobre heterosis potencial en progenies híbridas (F1) actuaron como fuerzas impulsoras en el desarrollo de programas dinámicos de mejora genética de los álamos. Uno de los primeros ensayos de polinización se registró con el álamo blanco *P. tomentosa* por el Prof. Xu Weixin en 1947 (Zhang & Zhang, 1981). Ello fue seguido por varias actividades emprendidas por la Academia Forestal China, la Universidad Forestal de Nanking, y otras instituciones de investigación, hasta principios de los años 70.

Se ensayaron varias combinaciones de híbridos en cruces controlados, incluyendo *P. nigra* x *P. simonii* o *P. simonii* x *P. nigra* (este último conocido con los nombres de *P. x simonigra*, *P. x ziaozhuanica*, *P. x opera*, *P. x popularis*, *P. x simopyramidalis*, *P. nigra* x *P. cathayana* (*P. x bejjinesis*)) y muchas otras especies, variedades y clones. Un resumen de los trabajos realizados por el Instituto de Investigación del Álamo de Gaixian, Liaoning, se detalla en Zhang & Zhang, 1981. Algunos programas de selección, por ejemplo del Instituto Forestal de Baicheng, Jilin, o de viveros de los ferrocarriles, utilizaron también la selección masal de semilla a granel, procedente de polinización abierta, recogida a partir de árboles padre de *P. simonii*, cuyas progenies mostraron unos brinzales híbridos vigorosos. La semilla se sembró seguidamente en vivero o en invernadero, los brinzales se escogieron sobre la base del vigor y la resistencia a la helada y las familias se ensayaron en el campo. Como resultado de ello, se produjeron varios híbridos que mostraban características valiosas

como la forma recta del tronco y el rápido crecimiento inicial, en comparación con los álamos nativos de bálsamo. En las condiciones del norte de China, las combinaciones más prometedoras incluyeron *P. simonii* x *P. nigra*, *P. cathayana* x *P. nigra*, y *P. pseudosimonii* x *P. nigra*.

Estos primeros programas fueron realizados de forma empírica, utilizando sobre todo procedencias genéticas disponibles localmente y dependiendo de unos pocos árboles padre. Se sospecha que la base genética del nuevo material reproductivo era muy limitada y es probable que varios clones tengan una estrecha relación (véase el Cuadro 2). Se fue reconociendo progresivamente la necesidad de enfocar racionalmente la mejora genética de los álamos, comenzando con una exploración sistemática, la recolección y evaluación de árboles padre, iniciándose las actividades de exploración y conservación con el *P. nigra* en Xinjiang y el *P. simonii* en Jilin a cargo del Instituto Forestal de Baicheng.

Los resultados y la información referente a los trabajos de selección y propagación realizados por científicos en las décadas de 1960 y 1970, fueron comunicados progresivamente a los gestores y técnicos forestales. Sin embargo, muchas actividades de investigación, incluyendo la mejora genética de árboles y varios programas de plantación, fueron reducidos drásticamente o abandonados durante la Revolución Cultural. Durante este período se mostró también un resurgir en la corta y deforestación que siguió a la política del Gran Salto Adelante. En el norte de China los enormes aumentos de la población humana contribuyeron también a empeorar los daños ambientales.

### **Acontecimientos desde los años 80**

Después de la Revolución Cultural, a finales de los años 70, se reactivó el trabajo científico en las academias forestales, universidades e instituciones de investigación, en un momento en que el compromiso político hizo hincapié de nuevo sobre la necesidad de una gran movilización de esfuerzos y recursos para luchar contra la desertificación, mejorar o restaurar la capacidad agrícola e incrementar la producción de madera. Se pusieron en marcha varios programas nacionales, regionales y locales y se estableció dentro del Ministerio Forestal un organismo especializado encargado de la reforestación de zonas áridas, el Programa de Desarrollo de Cortinas Cortavientos de los Tres Nortes<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> El Ministerio Forestal fue sustituido por la Administración Forestal Estatal en 1998.

### **El Programa de Desarrollo de Cortinas Cortavientos de los Tres Nortes**

Desde su establecimiento en 1978, el programa de Desarrollo de Cortinas Cortavientos de los Tres Nortes (*Sanbei* en chino) ha iniciado y coordinado un programa sistemático de plantaciones realizado a través de las autoridades forestales, estatales, provinciales, regionales y locales. El programa, que da cuenta al Consejo de Estado, incluye 551 condados/distritos/ciudades de 13 provincias, regiones autónomas y municipalidades del noroeste, norte-central y nordeste de China, abarcando 4,069 millones de kilómetros cuadrados, o sea el 42,4% del total de la superficie terrestre del país. Éste es el mayor programa ecológico del mundo; que comenzó en 1978 y debe completarse en el año 2050, abarcando una superficie programada de 35,08 millones de ha., incluidas 23,03 millones de ha. de plantaciones.

En 1994, en la primera y la segunda fase del programa se habían plantado más de 13 millones de ha. Durante 1996-2000, el objetivo era plantar 6,18 millones de ha. y 4,04 millones de ha. entre los años 2001 y 2010. El programa pretende actualmente incrementar la calidad y la posibilidad de comerciar la madera producida e incrementar los beneficios económicos procedentes de las plantaciones.

Otros grandes programas relacionados con el sector forestal incluyen los programas de Desarrollo de Cortinas de Protección a lo largo de los ríos Liaohe, Yangtze y Amarillo y el Programa de Forestación de Llanuras, el Programa de Forestación de las Montañas de Taihang y el Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación (Shi *et al.*, 1997). La mayoría de los programas están situados en el norte de China.

El álamo continúa siendo el principal género de forestación. De los 33 millones de ha. de bosques plantados en China, la superficie cubierta por las plantaciones de álamos se calcula en 6,7 millones de ha. (incluyendo bosques comerciales y de protección). En el Programa de Cortinas Cortavientos de los Tres Nortes y en el Programa de Forestación de Llanuras, el álamo constituye, según se informa, el 60% del total de los árboles plantados (Comisión Nacional del Álamo). El 80% de las cortinas cortavientos de los Tres Nortes se han plantado con álamos (Han & Grosscurth, en Zhou & Weigerber, 1997).

Para lograr sus ambiciosas metas, el Programa de los Tres Nortes, en línea con otros proyectos similares, identificó los géneros, especies y variedades que habían demostrado su adaptabilidad y fiabilidad en el norte de China. En los tipos de estación en que se disponía con facilidad de agua subterránea (tierras bajas y cuencas fluviales, terrenos arenosos, mesetas de loes, y también dunas arenosas), se dio prioridad a los álamos, especialmente a aquellos clones obtenidos en las décadas de 1950 y 1960 para los que se había completado el proceso de selección. En las estaciones más difíciles dedicadas al cultivo del álamo, se eligieron los híbridos *P. simonii* x *P. nigra* en base a la experiencia local.

Las nuevas políticas de apertura del país al mundo exterior reactivaron los intercambios de la comunidad de productores de álamos mejorados. China se incorporó formalmente a la Comisión Internacional del Álamo en 1980. El incremento de los contactos se tradujo en la introducción de una cantidad sin precedentes de germoplasma de álamos extranjeros (se registraron varios centenares de clones; en contraste, sólo se importaron 80 clones en los años 70 procedentes de dos países (Italia y Yugoslavia)

incluyendo varias procedencias meridionales de *P. deltoides*, una extensa colección de *P. x euramericana* procedente de Europa occidental, y varios clones belgas de *P. deltoides x P. trichocarpa*.

Desde comienzos de los años 80, gran parte de los trabajos de investigación realizados por las academias y universidades forestales se han centrado en la importación, evaluación y clasificación de material de álamos exóticos (principalmente en forma de clones ya seleccionados en el exterior) y en el ensayo de su capacidad para combinarse con álamos locales o sus híbridos. Se ha encontrado una fuerte heterosis y un gran potencial en las familias *P. deltoides x P. cathayana*, que muestran una buena adaptación en las condiciones del centro de China (Tong y Han, 1991).

Las actividades realizadas como continuación de los trabajos de mejora genética de los años 60 y principios de los 70 para el norte de China se redujeron drásticamente. A finales de los años 70 se obtuvieron en Pekín una serie de híbridos *P x euramericana* “Zhonglin” y otros híbridos “ZJ” y “ZX”. Se cruzaron en 1983 clones de *P. popularis* con diverso germoplasma exótico (incluyendo Polska-15 y varios clones de *P. nigra* y *P. deltoides*) y se encontraron posibilidades reales de importantes mejoras genéticas. Los resultados de varios ensayos comparativos recientes en el norte de China confirman que en las mejores estaciones algunos clones extranjeros dieron mejor resultado que los híbridos *P. simonii x P. nigra* (Wang, 1995). Una evaluación en gran escala sobre los resultados de las plantaciones de álamos en China fue realizada utilizando 23 clones y se tradujo en una tipología para el cultivo del álamo en el país (Chen, Zhao, Xu & Yang, en Wang, 1995). También se han realizado trabajos con álamos blancos (sección *Leuce*) que han demostrado una buena adaptación a la estación y una escasa incidencia de plagas. Las dificultades técnicas para propagar con facilidad vegetativamente las especies de esta Sección han limitado sin embargo su utilización en programas de forestación en gran escala. El corte total en la continuidad de los programas de mejora genética durante los años 70, explica el que se hayan obtenido pocos nuevos clones para el norte de China y que para la mayoría de los proyectos de forestación tengan que depender aún de patrones escasamente diversificados (véase el Cuadro 2).

Nombre Genérico	Árboles padre (F x M)	Número de accesiones*	Año de creación	Superficie plantada (ha.)	Número de árboles plantados
<i>P. popularis</i> x	<i>simonii</i> x <i>nigra</i>	10	1956	1.000.000	51 millones
<i>P. beijinensis</i> x	<i>cathayana</i> x <i>nigra</i>	13	1954 - 1957	66.000	200 millones
<i>P. x xiaohei</i>	<i>simonii</i> x <i>nigra</i>	-	1960	1.000.000	-

\*: número de genotipos diferentes, aunque estrechamente afines (medio hermanos o totalmente hermanos).

**Cuadro 2:** Tres clones de álamos con éxito empleados en los programas de forestación del norte de China (de Zhu & Zhang , 1991).

En el Norte de China, las primeras masas de plantación que comprenden álamos nativos de *P. simonii* y *P. pseudosimonii*, olmos, robles o pinos, han alcanzado de sobra su edad de explotación y están siendo sustituidos por material de álamos híbridos. En

todo el norte de China, la diversidad genética de las masas nuevas de álamos se limita con frecuencia a un solo clon (sobre todo el híbrido *P. simonii* x *P. nigra*). La infusión original de los rasgos del *P. nigra* en el caudal genético local ha permitido a los forestales ampliar el ámbito ecológico comprendido por las especies nativas *P. simonii*, *P. pseudosimonii* y *P. cathayana*, hacia estaciones más secas fuera de los márgenes fluviales y valles. No obstante, la mala gestión selvícola (fuerte densidad de plantación y podas descuidadas), y los acontecimientos climáticos recurrentes de carácter extremado han contribuido recientemente al debilitamiento de los rodales de álamo que vegetan en condiciones ambientales difíciles.

Pocos programas de mejora genética de carácter continuado están estrechamente asociados con la selvicultura del álamo en el norte de China pero la situación es diferente en China central. En las áreas templadas del centro sur de China (de la latitud 30° a 35° N), varios álamos euroamericanos, introducidos de Europa, presentan un buen desarrollo a lo largo de extensas llanuras fluviales, habiéndose convertido a partir de los años 80, en un componente importante de un sistema agroforestal altamente productivo.

El gran valor y la escasez de madera en las llanuras centrales y orientales son un fuerte incentivo para una mayor expansión de los álamos de alto rendimiento y los sistemas culturales desarrollados por los productores de plantas mejoradas y los científicos están siendo adaptados rápidamente por los agricultores. Sin embargo, la diversidad genética de las plantaciones es todavía extremadamente reducida: el Grupo de Genética de la Universidad Forestal de Nanking estima que alrededor del 60 por ciento de las plantaciones en la China Central, con una superficie de cerca de 600.000 kilómetros cuadrados, consisten actualmente en el clon I-69 introducido de Italia (Farmer, 1992).

Con la asistencia de varias instituciones, incluida la Academia Forestal China y la Universidad Forestal de Nanking, los productores de plantas mejoradas y los ordenadores forestales están trabajando para ampliar la base genética del programa de plantaciones. La zona es climáticamente similar al Valle inferior del Mississippi, habiéndose enviado varias misiones de exploración y recolección por parte de los productores mencionados de China a la zona sur de los EUA, lo que ha dado lugar al establecimiento de un caudal variado de clones del álamo negro de Virginia (*P. deltoides*) que sirven actualmente como colecciones de base. A partir de 1980, científicos de la Universidad de Nanking se han dedicado también a un programa de mejora genética utilizando, entre otros, el *P. deltoides* y el *P. simonii* natural de China Central.

### **Las modernas biotecnologías y la mejora de los álamos**

Las herramientas de la biotecnología se han utilizado cada vez más en selvicultura en China, aunque a ritmo más lento que en el sector agrícola. Los álamos han sido utilizados como especies modelo, utilizando una serie de modernas biotecnologías, para la caracterización del recurso, para los primeros ensayos y en la mejora genética de árboles. La creación de capacidad en la modificación genética de los álamos se ha iniciado en el marco de un proyecto de desarrollo financiado por el PNUD (PNUD/FAO, 1994-1998). El proyecto ayudó a los científicos del álamo de la Academia Forestal China en la transferencia de un gen tóxico singular de *Bacillus thuringensis* en varias variedades (incluyendo el *P. nigra*) para conferir resistencia a la

oruga lagarta (*Lymantria dispar*). En el noroeste de China, se establecieron en Xinjiang en 1994 estaciones de ensayo de álamos transgénicos. Desde entonces, los trabajos se están continuando en varias instituciones para generar resistencia a los perforadores e investigar la tolerancia a diversos factores, incluyendo la salinidad (Wang, 2003). Es interesante que China sea el único país del mundo en que se han distribuido árboles genéticamente modificados (álamos) en programas comerciales de plantación en gran escala. El Cuadro 3 presenta la situación en China, en 2003, de la modificación genética de los álamos.

<i>Especie o clon de álamo</i>	<i>Investigación (I), Ensayos de campo (E), Para fines ambientales (A), o para plantaciones comerciales (C)</i>	<i>Rasgos que se pretenden</i>	<i>Genes insertados</i>	<i>En marcha o aplicado para</i>
<i>Híbrido de álamo 741 [P. alba x (P. davidiana + P. simonii) x</i>	<i>A C</i>	<i>Resistencia a insectos devoradores de hojas</i>	<i>Bt Cry1 y API</i>	<i>Aplicado para plantaciones comerciales en 2001</i>
<i>Populus</i>	<i>I</i>	<i>Resistencia a los insectos</i>	<i>Bt</i>	<i>En marcha</i>
<i>Populus deltoides x P. cathayana</i>	<i>I</i>	<i>Resistencia a los insectos devoradores de hojas</i>	<i>mtiD/gutD</i>	<i>En marcha</i>
<i>Populus deltoides x P. simonii (N.106)</i>	<i>I</i>	<i>Resistencia a los insectos devoradores de hojas</i>	<i>AaIT</i>	<i>En marcha</i>
<i>Populus nigra</i>	<i>A C</i>	<i>Resistencia a los insectos devoradores de hojas</i>	<i>Bt</i>	<i>Aplicado para plantaciones comerciales en 2002</i>
<i>Populus simonii X P nigra.</i>	<i>I</i>	<i>Resistencia a la sal.</i>	<i>Bet-A</i>	<i>En marcha</i>
<i>Populus tomentosa</i>	<i>I</i>	<i>Resistencia a enfermedades y al estrés</i>	<i>NP-1 (rabbit alexin)</i>	<i>En marcha</i>

**Cuadro 3. Resumen de la situación de la modificación genética en los árboles de álamo en China**

Hay que señalar, sin embargo, que han sido débiles las conexiones entre la mejora genética tradicional de árboles y los programas de mejora y aplicaciones de la biotecnología. En particular, el mejor material genético de álamo recogido y seleccionado mediante programas tradicionales de mejora genética no siempre se ha utilizado en aplicaciones de la biotecnología. Existe, por tanto, un vacío entre los programas y una falta de transmisión de conocimientos. Se emprende con demasiada frecuencia la investigación sobre biotecnologías, incluyendo la modificación genética,

sin un programa de apoyo de mejora genética de árboles. Como resultado de ello, gran parte del trabajo sobre árboles genéticamente mejorados (GM) se detiene en la etapa de laboratorio sin aplicaciones prácticas. Los avances en el campo de las biotecnologías ya han tenido un impacto en el acceso y participación en los beneficios: los científicos que han desarrollado un álamo GM “741” en la Universidad Agrícola de Hebei y el Instituto de Microbiología, de la Academia China de Ciencias, han solicitado los derechos de productor de plantas mejoradas para una nueva variedad de plantas. Será éste el primer caso, si su solicitud es aprobada, de otorgar la propiedad intelectual para un árbol forestal GM en China.

### **Problemas de estado sanitario y bioseguridad de los bosques de álamos**

El mayor riesgo para el singular esfuerzo chino de plantación de álamos en gran escala, dependiente de un número limitado de genotipos, reside en el riesgo concomitante de epidemias de plagas y enfermedades. El número de plagas de insectos registrado en los álamos es de más de 200 en China, y su impacto ha aumentado dramáticamente en las últimas décadas al haberse ampliado las plantaciones de álamos. El daño ocasionado por los perforadores de árboles es la amenaza más grave para el bosque comercial y el de protección. Para controlar la expansión de los longuicornios (perforadores) como el cerambicido longuicornio de Asia (*Anaplophora glabripennis*), (véase el Recuadro) según se informa, se cortaron y quemaron en Ningxia, parte norte central de China 24 millones de árboles, en invierno de 1991 y en la primavera de 1992 (Comisión Nacional del Álamo, 1996). Según se informa la incidencia de las enfermedades de los álamos es reducida en el norte de China en comparación, con China central, según se afirma, en conexión con los duros inviernos y los secos otoños y primaveras, desfavorables para la propagación de los hongos (Schmutzenhofer, *et al.* 1996). Mientras se están promoviendo técnicas integradas de control de plagas, existe también una conciencia creciente de que la selección de material de plantación para resistencia a insectos y enfermedades es de importancia primordial para la sostenibilidad de los monocultivos en gran escala. Los caracteres relacionados con la tolerancia/resistencia a los factores bióticos se han tenido en cuenta de modo creciente en los programas de mejora genética y modificación genética de álamos.

### **Una amenaza especial para las masas de álamo: el cerambicido longuicornio de Asia**

El cerambicido longuicornio de Asia (CLA), *Anaplophora glabripennis*, es endémico en China, infestando a las frondosas. La etapa larvaria es la más destructiva cuando taladran túneles bajo la corteza y a través de la madera. Después de la etapa de pupa los adultos salen perforando un túnel en la madera y creando un agujero redondo de salida. El daño es importante para el árbol. Cada hembra es capaz de poner de 30 a 70 huevos.

Desde 1998, los daños ocasionados por el cerambicido longuicornio de Asia han llegado a ser críticos debido a las fuertes tensiones climáticas para los árboles y a la creciente dependencia de las plantaciones de especies o clones de un solo árbol. La plaga del insecto está distribuida actualmente en 240 condados de 13 provincias en la región de los Tres Nortes, es decir, Shaanxi, Gansu, Ningxia, Qinghai, Xingjiang, Pekín, Tianjing, Hebei, Mongolia Interior, Shanxi, Liaoning, Jilin, Heilongjiang. En este momento los tres géneros más afectados en la Región de los Tres Nortes son principalmente álamos, sauces y olmos que constituyen la parte fundamental de las especies frondosas utilizadas.

En la Región Autónoma de Ningxia Hui, la provincia más afectada, desde finales del decenio de los 80 a principios de los 90, el cerambicido longuicornio de Asia se ha extendido a más de 200 municipios de 20 condados y las áreas infestadas se han incrementado desde 2.000 ha. a 40.000 ha. A fin de controlar esta situación, el gobierno regional ha extraído más de 24 millones de árboles infestados, incluyendo álamos, sauces y olmos, de tal modo que la red forestal protectora para la agricultura ya no funciona. Una nueva red forestal fue establecida con especies arbóreas alternativas más tolerantes al perforador. Sin embargo, hay limitaciones importantes para plantar estos árboles porque no están tan bien adaptados al frío, a las zonas áridas y a las enfermedades y dan una menor rentabilidad económica. Los agricultores prefieren por ello plantar árboles siguiendo las prácticas tradicionales. La situación actual indica el potencial para una nueva expansión hacia las partes occidentales y septentrionales de China incluyendo los bosques naturales remanentes. La plaga es también una amenaza mundial con graves impactos sobre el comercio internacional.

### **Proyectos recientes sobre recursos genéticos de álamos en el norte de China**

Los responsables de la toma de decisiones y los forestales se han hecho cada vez más conscientes de la magnitud del desafío habiéndose puesto en marcha diversas iniciativas para conseguir la sostenibilidad de la silvicultura de plantaciones de álamos en el norte de China. Las acciones se han concentrado en dos direcciones: (i) lograr un mejor conocimiento de los rodales y especies nativas remanentes y de su diversidad genética procediendo seguidamente a su exploración y recolección; y (ii) realizar esfuerzos para diversificar la silvicultura de plantación incrementando la diversidad de especies e incrementando también la diversidad del material genético de los álamos utilizados (Xu, 1988; Comisión Nacional del Álamo, 1996; Weisgerber, 1995).

Estos problemas se han abordado mediante diversas iniciativas que fomentan una mejor utilización del material genético nativo. Entre 1985 y 1987 se realizaron en 6 provincias y regiones misiones de exploración y recolección (Han, Wu & Wang, en Zhu & Zhang, 1991). En 1987, el Ministerio Forestal encargó a la Academia Forestal China una exploración a escala nacional del *P. cathayana* (Li y Yang, 1997). Al mismo tiempo, se inició la caracterización de la diversidad entre procedencias del *P. ussuriensis*. Un extenso estudio sobre la botánica, distribución, ecología, utilización y potencial del *P. euphratica* se tradujo en una monografía que proporciona una extensa cobertura del norte de China (Wang, 1996).

En 1984 se inició un proyecto cooperativo chino-germano y a través del mismo se realizaron muchos trabajos de exploración, particularmente en el noroeste de China. Se recogieron 650 clones nativos y 170 exóticos de álamos (incluyendo 22 clones de *P. simonii* y 230 clones de *P. cathayana*) y se establecieron en rodales *ex situ* en Shanxi. Se realizaron cruzamientos controlados intraespecíficos e interespecíficos utilizando 400 combinaciones diferentes (1984 – 1995) y concentrándose en los álamos blancos y del bálsamo del norte. Grandes cantidades del nuevo germoplasma están aún investigándose en el campo, después de la terminación del proyecto en 1997 (Weisgerber, *et al.* 1995).

Un proyecto patrocinado por Bélgica, situado en la parte oriental de la Mongolia Interior, ha realizado desde 1991 a 2002 la exploración y conservación de álamos nativos incluyendo el *P. simonii* y variedades afines, una selección de álamos y un programa de mejora genética y ha recogido más de 652 clones domésticos y extranjeros de álamos para conservación y evaluación. Las investigaciones del proyecto han confirmado los resultados anteriores sobre el alto potencial de mejora genética del *P. simonii* en el norte de China. La especie parece estar en el primer lugar entre los álamos nativos tolerantes a los fríos extremados y a la sequía, y su variabilidad a través de un vasto ámbito de distribución está actualmente en proceso de investigación. Probablemente se podrían obtener con facilidad ventajas genéticas adicionales en combinación con el *P. nigra* y el *P. deltoides* mediante una selección cuidadosa de árboles padre y selecciones repetidas. Además de trabajar con el *P. simonii*, el Proyecto de Forestación de Bélgica y China se ha dedicado también a la introducción de material documentado de álamo negro procedente de Xinjiang (*P. nigra*) y de *P. deltoides* procedente del norte de EUA y las Praderas Canadienses.

En la China Central y Oriental, donde es más rentable la selvicultura comercial, se ha observado en años recientes un renovado interés por la plantación de álamos, estimulado en cierta medida por la distribución de clones obtenidos mediante modernas biotecnologías (cultivos de tejidos o modificación genética) y campañas de comercialización de empresas dedicadas a la biotecnología. Debe señalarse, sin embargo, que la mejora genética tradicional y las mejoras pertinentes en las prácticas de cultivo, por sí solas, pueden proporcionar un aumento importante en la productividad de las plantaciones de álamos: el Proyecto de Desarrollo y Protección de Recursos Forestales (1996-2001) bajo el Programa de Préstamo del Banco Mundial, facilitó el establecimiento de casi 1,3 millones de ha. de álamos de alto rendimiento (principalmente híbridos euroamericanos y álamos blancos). El proyecto se basó en los beneficios de la mejora genética en cuanto a productividad, mediante el uso de mejores clones y ordenación selvícola. Sus objetivos (incrementos medios anuales que han aumentado de 15 metros cúbicos por hectárea a 20 m<sup>3</sup>/ha.; y rotaciones más cortas de 5

a 6 años para madera para pulpa y de 12 a 14 años para chapas) son posibles de lograr de acuerdo con las últimas evaluaciones de las tasas de crecimiento.

## **Conclusión**

Los programas de repoblación forestal iniciados en China en la década de los 1950 e intensificados desde 1978, han contribuido al establecimiento de una extensa red de rodales y cortinas cortavientos para obtener madera, leña, forraje y materiales básicos, reducir la erosión del suelo y la desertificación y apoyar a la agricultura y la ganadería. La importancia de los bosques de plantación para la provisión de una amplia variedad de bienes y servicios es muy probable que aumente en el futuro. El suministro nacional de madera y leña es probable que dependa aún más de la silvicultura de plantaciones ya que a partir de 1998 se ha puesto en práctica una prohibición a escala nacional sobre la explotación de los bosques naturales remanentes. El gobierno chino ha demostrado su fuerte compromiso por la conservación de la diversidad biológica y la lucha contra la desertificación, pudiendo desempeñar a este respecto un importante papel la silvicultura de plantaciones. La silvicultura de plantaciones es impulsada cada vez más por el sector privado y por consideraciones económicas. Incluso en el norte de China, se necesitan programas públicos de plantaciones para producir una rentabilidad económica directa.

Utilizando al principio una lista reducida de especies y variedades indígenas, incluidos los álamos nativos y dando una escasa atención a la calidad genética de los materiales, los programas de plantación se han ido haciendo más sofisticados dependiendo en la actualidad de unas pocas especies y clones seleccionados y comprobados a partir de los cuales se esperan mejores resultados. El álamo está en el centro de la moderna silvicultura de bosques de plantación en tierras bajas y constituye un elemento fundamental en el desarrollo económico rural, existiendo pocas alternativas frente a este género.

Las inestables estructuras genéticas de algunas plantaciones de álamos han ocasionado ya, sin embargo, graves daños por enfermedades e insectos y pérdidas de producción considerables en varias partes del norte. El número limitado de clones disponibles para programas en gran escala, y su limitada base genética, demuestran la necesidad de continuidad de la mejora genética de los álamos en el norte de China para conseguir una sostenibilidad a largo plazo de las ventajas genéticas obtenidas hasta ahora. Tales programas son también necesarios para la utilización apropiada y la optimización de los resultados procedentes de las tecnologías genómicas que se están aplicando en el campo forestal.

Al mismo tiempo, un requisito previo para un programa sostenible es el mantenimiento de una amplia base genética para los trabajos de mejora genética y selección. La experiencia lograda en China demuestra la importancia y singularidad del material genético nativo, no sólo para fines de plantación sino también y principalmente para la infusión de material genético en programas de mejora genética realizados a la medida y para fines determinados. Teniendo en cuenta la rápida disminución del caudal genético natural, es necesario actuar con urgencia para conservarlo, especialmente en lo que se refiere al *P. cathayana*, *P. euphratica*, *P. nigra* y *P. simonii* en sus respectivas áreas de distribución.

La introducción de clones de álamo desarrollados en otros países en diferentes condiciones sirve para complementar los esfuerzos nacionales de mejora genética a largo plazo. En la parte central y oriental de China, los álamos exóticos y sus híbridos con el material nativo constituyen la mayoría de las plantaciones de álamos. En el norte de China algunos clones exóticos han mostrado una buena adaptación y el principal interés del germoplasma de álamos del extranjero estriba en su capacidad de combinación con los recursos nativos, después de la adaptación de los árboles padre (de procedencias septentrionales y continentales). Entre los mejores candidatos como árboles padre están el *P. nigra*, *P. deltoides* y *P. simonii*.

El desafío tiene la dimensión del país y varias iniciativas han comenzado ya para abordar los problemas de conservación y mejora genética de los álamos. El trabajo debe continuarse con un sentido de perspectiva a largo plazo y beneficiarse de un fuerte compromiso político. A este respecto, es un tema fundamental el aumento de la concienciación sobre la importancia de las ventajas productivas a obtener, mediante programas de ordenación genética sostenible.

## **Referencias**

Antoine, Raymond, 1989. Reboisements en Mongolie-Intérieure (Chine). Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France, No 9, vol. 75, pp. 149 – 157.

FAO, 1979. Poplars and Willows in Wood Production and Land Use. FAO, Rome, 328 p.

Farmer R.E., Jr. 1992. Eastern Cottonwood Goes to China. Journal of Forestry, June 1992, pp. 21-24.

Li, Kuangyu, Yang, Zixiang et al., 1997. DNA Polymorphism and Genetic Differentiation of *P. cathayana*. I. DNA polymorphism. Chinese Science Bulletin, 42 (9).

Li, Kuangyu, Yang, Zixiang et al., 1997. DNA Polymorphism and Genetic Differentiation of *P. cathayana*. II. Genetic Differentiation. Acta Bot. Sinica 39 (8).

Ma, Chenggong, 1995. Present Situation and Development of Poplar Cross-breeding in China. Forestry Sciences, Vol. 1, pp. 60-67.

Marcot, Bruce G, Ganzei, Sergei S., Zhang, Tiefu and Voronov, Boris A. 1997. A sustainable plan for conserving forest biodiversity in far East Russia and Northeast China. The Forestry Chronicle, Sept. - Oct. 1997, vol. 73, No 5, pp. 565-571.

Mienzies, Nicholas K. 1994. Forest and Land Management in Imperial China. St Martin's Press, 175 p.

National Poplar Commission of the PR of China. 1996. National Report on Activities Related to Poplar and Willow Cultivation (1991 – 1996). Document prepared for the XXth Session of the International Poplar Commission, Budapest, Hungary.

Schmutzenhofer, Heinrich; Mielke, Manfred; Luo, Youqing; Ostry, Michael and Wen, Junbao, 1996. Field Guide/Manual on the identification and Management of Poplar Pests and Diseases in the Area of the “Three North 009 Project”(North-Eastern China). FAO, China Forestry Publishing House.

Shi, Kunshan; Li, Zhigong; Lin, Fenming and Zheng, Rui, 1997. China's country Report on Forestry. Asia-Pacific Forestry Sector Outlook Study, Working Paper No APFSOS/WP/14. FAO, Rome, 1997.

Sigaud, Pierre, 1999. Reboisements dans le Grand-Nord Chinois. Arborecences, No 80, pp. 36-38.

Three North Bureau [The Bureau in charge of the Construction of shelter-forests in North, Northeast and Northwest China of the Ministry of Forestry], 1989. A Rising Green Great Wall. Dadi Publishing House, 175 p.

Tong, Yongchang, and Han, Yifan, 1991. Photos and Diagrams of Superior Clones in Broadleaf Trees. Symposium on Selection and Breeding of Main Fast-Growing Species with High Yield. China Scientific and Technical Press, 210p.

Tu, Zhongyu, and Huang, Minren, 1995. Genetic Improvement of Broadleaf Trees. Symposium on Selection and Breeding of Main Fast-Growing Species with High Yield. Scientific and Technical Documents Publishing House, 310 p.

UNDP/FAO, 1998. High-yield Poplar Plantations in the Warm Temperate and Cold Semi-arid Areas of East China. Project Findings and Recommendations. FO:DP/CPR/88/041 Terminal Report, FAO, Rome. 19 p.

Wang, Chi-Wu, 1961. The Forests of China. Maria Moors Cabot Foundation Publication No. 5, Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 313 p.

Wang, Shiji, 1995. Advances in Poplar Research (1991 – 1995). Forestry Publishing House, Beijing, 413 p.

Wang, Shiji, Chen, Binghao & Li, Huqun, 1996. Euphrates Poplar Forest. China Environmental Sciences Press, Beijing, 212 p.

Weisgerber, H., Kownatzki, D. & Mussong M. 1995. Natural Poplar Resources in China and their Significance for Breeding and Afforestation. *Silvae Geneticae* 44, 5-6, pp. 298-303.

Xu Weixin, 1988. Yang Shu (Poplar). Heilongjiang People's Press, Harbin, 449 p.

Yang Zili, Zhou Shouyi, Zhang Weidong, & Yang Zixiang. Poplar Genetic Resources In North China: The Challenge Of Sustainable Forestry. Forest Genetic Resources No. 27, pp. 2-10.. FAO, Rome

Yang, Zixiang, Wang Shouzhong *et al.* 1995. Classification of *Populus cathayana* Rehd. of different original places and different individuals by leaf shape characteristics. Forest Science and Technology, 1995 (2).

Yang, Zixiang, Wang Shouzhong *et al.* 1996. Cold Resistance Variation of *Populus cathayana* clones from Different Populations. *Forest Research* 9 (5).

Zhang, Ligong & Zhang, Yonghua. 1981. Yang Shu Zajiao Yuzhong de Yanjiu [Breeding Work on Poplar]. *Forest Science and Technics of Jilin*. 1981, pp. 28 – 39.

Zhao, Tianxi & Cheng, Zhanghui, 1994. *The Poplar Intensive Cultivation in China*. Forestry Publishing House.

Zhou, Hong & Weisgerber, Horst, 1997. Afforestation in semi-arid regions – Findings and Perspectives. *Proceedings of the International Symposium in the People's Republic of China, Datong/Jinshatan, June 1997*. Hann. Münden.

Zhu, Xiangyu & Zhang Jie, 1991. *Poplar Genetic Improvement*. Beijing Agricultural University Press, 371 p.