

COMPORTAMIENTO DE TULIPERO (*Liriodendron tulipifera* L.) BAJO MANEJO DE ARBORICULTURA PARA PRODUCIR MADERA DE ALTO VALOR EN EL SUR DE CHILE

Loewe, Verónica⁷; Delard, Claudia⁷ y Morel, Macarena.

RESUMEN

Se analizó el comportamiento de tulipero en un sector de la zona sur de Chile, y se relacionó su desarrollo con el que presenta en su zona de origen, a la vez que se estudió el impacto de diferentes prácticas de manejo.

Los resultados muestran que la especie presenta en Chile una buena adaptación y potencialidad en la zona estudiada, dado que se cuantificó un crecimiento equivalente al registrado en su zona de origen, a pesar de tratarse de un sitio con importantes limitantes edáficas para la especie.

Junto a ello, se observa que los principios técnicos de la arboricultura extensiva aplicada a la especie son útiles, aun cuando se verifica su susceptibilidad a sufrir desganches que comprometen la calidad de la madera, por lo que se recomienda su establecimiento en plantaciones mixtas.

Palabras clave: Arboricultura, especie exótica, *Liriodendron tulipifera*, madera de alto valor, tulipero, Yellow Poplar.

SUMMARY

The Yellow Poplar behavior in southern Chile was analyzed and its development was compared to that in its natural distribution area, and, at the same time, were studied also the effect of different management practices.

The results show a good adaptation and potentiality of the species in the studied area, its development is similar to that in its natural distribution area, in spite of the bad site quality in the studied area with important soil restrictions to the species.

The usefulness of the extensive arboriculture technical principles applied to the species is verified as well, however some susceptibility to present detached branches tearing the bark in detriment to the wood quality is observed, so its establishment in mixed plantations is recommended.

Key words: Arboriculture, exotic species, *Liriodendron tulipifera*, Yellow Poplar, high quality wood.

⁷ Instituto Forestal, Chile vloewe@infor.cl

INTRODUCCIÓN

Liriodendron tulipifera, conocido como tulipero o *Yellow Poplar*, es un árbol caducifolio, que alcanza alturas entre 24 y 50 m y diámetros de 4 a 5 m, y en casos excepcionales hasta 9 m (Loewe, 2003), con un fuste limpio y recto, y una copa abierta de ramas pequeñas.

Es una especie nativa del este de EEUU y sur de Canadá, que en los montes Apalaches se ubica hasta 300 msnm en el norte y hasta 1.350 msnm en el sur. En Norteamérica se emplea como especie cortaviento y su uso como árbol ornamental es ampliamente difundido en parques públicos, jardines y áreas verdes en general. Esta especie además se encuentra libre del ataque de insectos, pestes y enfermedades graves, característica que la hace aún más apreciada.

En su hábitat natural crece desde el nivel del mar hasta los 1.370 msnm y en zonas montañosas presenta un mejor desarrollo. Prefiere suelos fértiles, frescos, sueltos, de texturas livianas arenosas y areno-arcillosas con drenaje moderadamente bueno, con pH entre 6,1 y 6,5. Puede ser cultivado en lugares húmedos, pero sin estancamiento de agua, aunque puede soportar suelos levemente compactados. No soporta suelos salinos.

Respecto del clima, crece en un rango de temperatura que varía desde -28,9 hasta 37,8°C, con precipitaciones anuales entre 762 y 2.032 mm, presentando buenos rendimientos en zonas con lluvia durante la estación de crecimiento. Las heladas tempranas provocan daño de brotes y las tardías pueden incluso causarle la muerte. Es muy susceptible a daños por incendios, debido a su delgada corteza, y vientos fuertes pueden causar rupturas en la copa.

En Chile se encuentra en la zona centro y centro-sur como árbol ornamental, comúnmente usado en ambientes urbanos por la sombra que genera (Pellegrini *et al.*, 2011) y la belleza de su follaje, condiciones frente a las cuales ha presentado una buena adaptación, probablemente debido a su amplia distribución, ya que el tulipero se desarrolla en una gran variabilidad de condiciones climáticas (Hoffman, 1983; Carnevale, 1955). Las regiones de O'Higgins a Los Ríos son potencialmente aptas para su desarrollo.

En forma natural crece principalmente asociado a *Pinus strobus* y *Tsuga canadensis*, y a algunas especies del género *Quercus*; en las partes altas se asocia con *Quercus rubra*, *Fraxinus americana*, *Prunus serotina*, *Magnolia acuminata*, *Aesculus octandra*, *Fagus grandifolia* y *Acer saccharum*, mientras que en terrenos bajos bien drenados costeros con *Nyssa spp*, *Taxodium distichum*, *Quercus spp* y *Acer rubrum*; en el piedemonte por su parte, se asocia con *Quercus spp*, *Acer rubrum*, *Liquidambar styraciflua*, *Nyssa sylvatica*, *Pinus taeda*, *P. echinata* y *Carya sp*. Bosques puros de tulipero se encuentran en pequeñas proporciones, generalmente en sitios muy productivos.

Su valor radica en ser una importante especie ornamental y en su valor madero, madera de la que se obtienen también los componentes químicos quinina y artemisina, que son un importante componente de productos farmacéuticos, entre ellos para tratar la malaria (Graziose *et al.*, 2011); también se utiliza su madera para biodiesel y otros productos derivados (Kim *et al.*, 2011).

Su madera es liviana y muy fácil de trabajar, pulir, pintar y clavar, de albura blanca y duramen amarillento y hermoso veteado. Recién cortada desprende un olor similar al de la mandarina, que pronto se disipa (Loewe y González, 2004). Su contenido de lignina es del 20,5%, mientras que el de extraíbles alcanza valores de 3,8% y su densidad varía entre 461 y 569 kg/m³ a un contenido de humedad del 12%. Se utiliza principalmente en carpintería, recubrimiento de interiores, chapas, producción de celulosa, muebles, instrumentos musicales, molduras, paneles y otros, como la fabricación de Cement-Excelsior Board, un tipo de panel compuesto de cemento y madera con excelente aislamiento acústico y efecto decorativo. Presenta torceduras en el secado, siendo el principal problema para la producción de madera aserrada.

En Estados Unidos la madera aserrada de tulipero se comercializa como "no selecta por color", estando disponible en variados largos, anchos y grosores, lo que incluye madera

dimensionada o piezas cortadas a la medida. Su precio oscila entre el promedio y los valores más altos para el tipo de producto, por lo que se la considera una madera cara, alcanzando la madera aserrada húmeda valores entre US\$ 250-500/m³, y si es seca entre US\$ 750-800/m³. Los principales mercados de esta madera son Italia, Reino Unido, Japón, Hong Kong, Taiwán y México.

Respecto del mercado nacional, en Chile no existe consumo de madera de tulipero, debido al desconocimiento, a la oferta inexistente y a la reducida demanda por bienes de lujo (Loewe, 1998).

Dado que la especie fue identificada hace unos 20 años como una alternativa para diversificar en el sector forestal chileno, se estableció un ensayo en la zona sur de Chile, cuya evaluación a los 17 años de edad se presenta en este estudio.

MATERIAL Y MÉTODO

En la década de los 90, el Instituto Forestal (INFOR) inició el estudio del tulipero en el marco del proyecto Silvicultura de Especies No Tradicionales, Una Mayor Diversidad Productiva, estableciéndose en 1998 un ensayo de dos orígenes locales, uno de la región de La Araucanía y otro de la región del Bio Bio, para evaluar su adaptación y crecimiento en la zona de Osorno, ubicada en el sur de Chile.

El ensayo se estableció en la comuna de San Juan de la Costa, provincia de Osorno, región de Los Lagos (40°40'56" LS y 73°21'12,7" LO y 198 m de altitud), 823 km al sur de Santiago, en una zona típicamente agrícola y ganadera.

La vegetación de la comuna se caracteriza por su riqueza en bosque nativo valdiviano distribuido principalmente en los sectores altos de la cordillera y en quebradas húmedas y cursos de agua. También destacan plantaciones de pino y eucalipto, que han ido aumentando en los últimos años, lo que explica su actividad económica principal, enfocado en la extracción de madera y producción de celulosa (CONAF, 2015).

Osorno posee un clima templado lluvioso, con una precipitación anual media que alcanza 945,3 mm (Cuadro N° 1) y con un promedio de 4,5 meses secos al año, aunque puede variar entre 3 y 8 meses. Las temperaturas medias de la zona de los últimos 7 años presentan una diferencia moderada entre estaciones del año, con una mínima de -5,7 °C y máxima de 36,3°C.

Cuadro N° 1
SERIES DE TEMPERATURAS Y PRECIPITACIÓN REGISTRADAS EN OSORNO (2009-2015)

Año	Precipitación Anual (mm)	Temperaturas		
		Media Anual (°C)	Mínima Absoluta (°C)	Máxima Absoluta (°C)
2009	261,7	10,7	-2,5	-
2010	978,9	10,3	-5,2	30,9
2011	1110,8	10,7	-4,0	37,0
2012	1086,2	10,8	-4,1	33,4
2013	969,1	11,2	-3,5	35,1
2014	1287,5	10,7	-2,8	32,9
2015	922,7	10,9	-5,7	36,3
Media	945,3	10,8	-4,0	34,3

(Fuente: Red Agrometeorológica de INIA, 2015)

El sitio del ensayo es plano, con un suelo limoso liviano de la serie Trumao, con erosión ligera y buen drenaje. Había sido dedicado a la agricultura en los años previos a la plantación. Presenta reacción neutra (pH 6,0-6,8) y bajo contenido de materia orgánica (entre 0,3 y 1,2%).

Para la instalación del ensayo, el suelo se preparó con un laboreo completo y subsolado en la línea de plantación a una profundidad de 30-40 cm. La plantación se realizó en Julio de 1998, utilizando plantas en macetas de un año de edad compradas en viveros locales, con una altura promedio de unos 40 cm (Loewe *et al.*, 1998), incluyéndose dos orígenes locales; Renaico y Concepción.

Inmediatamente después de la plantación se proporcionó una fertilización de acuerdo a las carencias nutricionales detectadas y se instaló *mulch* plástico para controlar la maleza durante los primeros años.

Los tratamientos culturales repetidos a lo largo de los primeros 15 años consistieron en replante el primer año después de la plantación; podas de formación los años 1, 2, 3, 5 y 7, considerando selección del eje central, eliminación de coronas y de ramas gruesas y muy verticales, y desyemes posteriores; limpiezas alrededor de las plantas los dos primeros años; fertilizaciones anuales hasta el tercer año inclusive (46 kg de supernitro; 125 kg de superfosfato triple; 17 kg de boro; 6 kg de sulfato de Zinc, por hectárea), y raleo el año 7.

El diseño experimental del ensayo fue de tres bloques completos al azar, con parcelas correspondientes a los 2 orígenes (tratamientos) con 64 plantas cada una. En total, consta de 384 plantas más dos filas de borde, con un distanciamiento de 3 x 3 m, ocupando en total una superficie cercana a 1 hectárea.

Desde 1998 y hasta el 2015, se midieron repetidamente el diámetro al cuello (DAC), o diámetro a 1,3 m (DAP) según el desarrollo de las plantas, y la altura total de cada árbol, así como la forma, vigor y estado sanitario. Dichas mediciones se realizaron al establecimiento y a los 1, 2, 3, 5, 14 y 17 años de edad.

Se realizaron análisis de varianza tradicionales y el test de comparación múltiple de Tukey con una probabilidad $P < 0,05$, utilizando el software Infostat versión 2011 (Di Rienzo *et al.*, 2013).

En la última evaluación, se evaluó además el vigor de las plantas en tres categorías: 1: Vigoroso; 2: Medianamente vigoroso; 3. Débil; y la forma de las mismas en cuatro categorías: 1: Recto; 2: Ligeramente curvado; 3: curvado y 4: fuertemente curvado.

El análisis de estas variables consideró tablas de contingencia con los estadísticos Chi Cuadrado de Pearson (X^2 Pearson) y Chi Cuadrado de máxima verosimilitud (X^2 MV-G2).

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos sobre la sobrevivencia y desarrollo según la evaluación realizada a los 17 años del establecimiento.

Supervivencia

La supervivencia general del ensayo luego de 17 años fue del 45%. Las plantas provenientes de Concepción tuvieron una mejor respuesta, con valores del 61%, *versus* un 39% en las de Renaico (Figura N° 1), observándose que la mortalidad se concentró en el primer año del establecimiento.

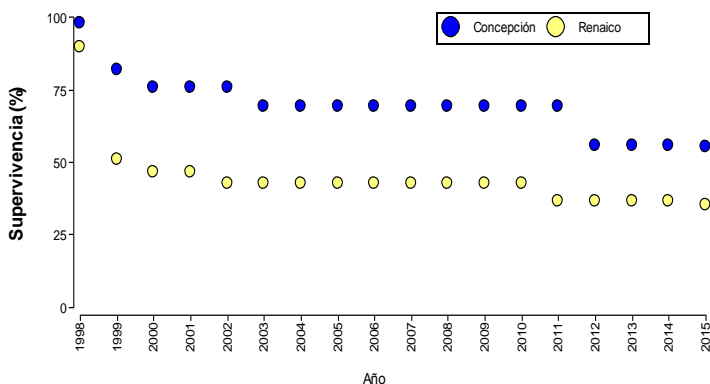


Figura N° 1
SUPERVIVENCIA SEGÚN ORIGEN DE SEMILLA

Crecimiento

A los 17 años, el origen Renaico presenta la mayor altura media, de 12,4 m, casi un metro por sobre la altura media del origen Concepción (Figura N° 2, Cuadro N° 2).

Desde la plantación, el incremento en altura fue superior en el origen Renaico (Cuadro N° 3).

Cuadro N° 2
EVOLUCIÓN DE LA ALTURA SEGÚN AÑO Y ORIGEN

Origen	1998	1999	2000	2001	2003	2012	2015
	(m)						
Renaico	0,15±0,01 b	0,36±0,02 a	0,96±0,03 a	1,36±0,06 a	3,36±0,07 a	10,18±0,19 a	12,42±0,17 a
Concepción	0,27±0,01 a	0,33±0,01 a	0,68±0,02 b	1,20±0,05 b	2,58±0,06 b	9,72±0,14 a	11,45±0,13 b
Media	0,21	0,35	0,82	1,28	2,97	9,95	11,83

Letras distintas indican diferencias significativas (P<0,05)

Cuadro N° 3
INCREMENTO MEDIO ANUAL EN ALTURA

Origen	Incremento Altura (m/año)
Renaico	0,73 ± 0,01 a
Concepción	0,67 ± 0,01 b
Media	0,7 ± 0,01

Letras distintas indican diferencias significativas (P<0,05)

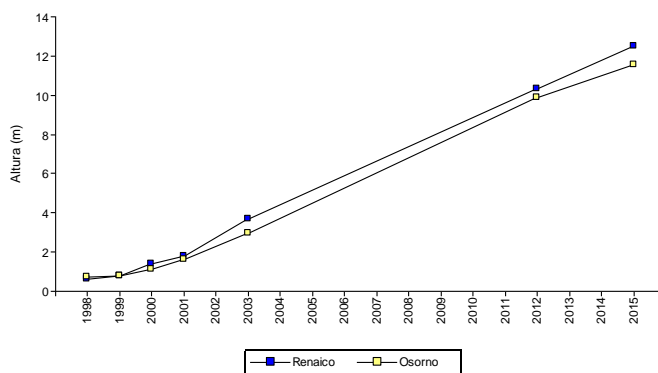


Figura N° 2
EVOLUCIÓN DE LA ALTURA SEGÚN ORIGEN DE SEMILLA

Respecto del diámetro, el diámetro al cuello (DAC) al momento de la plantación era superior en el origen Concepción; sin embargo ya al año siguiente las plantas de Renaico presentaron mayores valores, estadísticamente superiores, presentando este origen el mayor crecimiento inicial. En la última evaluación de esta variable, al tercer año desde la plantación, las plantas de ambos orígenes fueron iguales, con valores de 3,2 y 3,1 cm, respectivamente (Cuadro N° 4, Figura N° 3). Los incrementos medios anuales para esta variable fueron similares, con valores de 0,8 cm para ambos orígenes.

Cuadro N° 4
EVOLUCIÓN DEL DAC SEGÚN AÑO Y ORIGEN

Origen	1998	1999	2000	2001
	(cm)			
Renaico	0,41± 0,01 b	0,95± 0,03 a	2,10± 0,06 a	3,15± 0,12 a
Concepción	0,52± 0,01 a	0,77± 0,03 b	1,66± 0,05 b	3,12± 0,10 a
Media	0,46 ± 0,01	0,84± 0,02	1,83± 0,04	3,13± 0,08

Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

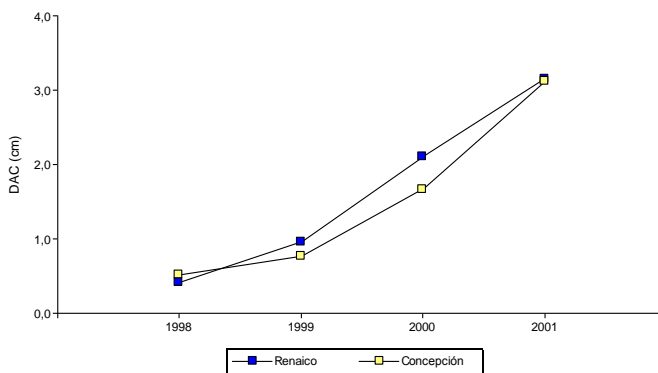


Figura N° 3
EVOLUCIÓN DEL DAC SEGÚN ORIGEN DE SEMILLA

Respecto del diámetro a 1,3 m de altura (DAP), a los 17 años alcanzó un valor medio de 19,7 cm, habiendo las plantas de Renaico alcanzado 21 cm, 2 cm por sobre las de Concepción (Cuadro N° 5, Figura N° 4).

El incremento medio anual en DAP fue superior en el origen Renaico (Cuadro N° 6).

Cuadro N° 5
EVOLUCIÓN DEL DAP SEGÚN AÑO Y ORIGEN

Origen	2001	2003	2012	2015
	(cm)			
Renaico	1,23±0,06 a	3,61±0,13 a	17,88±0,34 a	20,98±0,39 a
Concepción	0,73±0,06 b	2,36±0,10 b	16,31±0,27 b	18,89±0,31 b
Media	0,99±0,05	2,84 ±0,09	16,93±0,22	19,70±0,25

Letras distintas indican diferencias significativas (P<0,05)

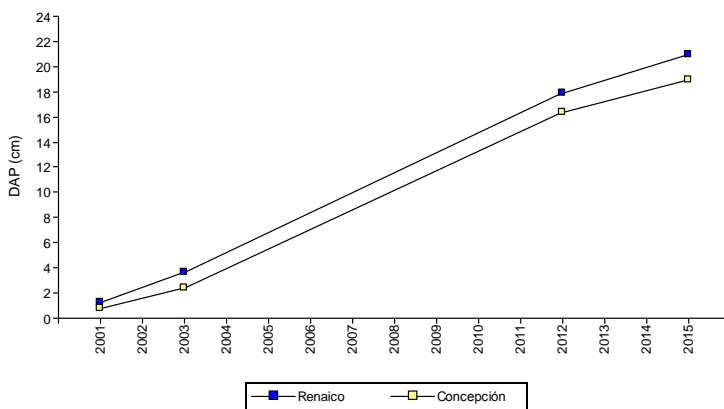


Figura N° 4
EVOLUCIÓN DEL DAP SEGÚN ORIGEN DE SEMILLA

Cuadro N° 6
INCREMENTO MEDIO ANUAL DEL DAP SEGÚN ORIGEN

Origen	DAP (cm/año)
Renaico	1,23±0,02 a
Concepción	1,11±0,02 b
Media	1,17±0,02

Letras distintas indican diferencias significativas (P<0,05)

Vigor y Rectitud

El vigor de la mayoría de las plantas de ambos orígenes es medio, no se aprecian plantas de vigor elevado (Cuadro N° 7) y no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre ambos orígenes.

Cuadro N° 7
FRECUENCIA ABSOLUTA Y PORCENTUAL DEL VIGOR DE INDIVIDUOS SEGÚN ORIGEN
17 AÑOS DE EDAD

Origen	Vigor Medio		Vigor Bajo		Total	
	(N°)	(%)	(N°)	(%)	(N°)	(%)
Renaico	64	94,1	4	5,9	68	100
Concepción	96	90,6	10	9,4	106	100
Total	160	92,0	14	8,0	174	100

En lo que se refiere a la rectitud o forma, un 90% de las plantas son ligeramente curvadas, no existen plantas rectas. Las plantas provenientes de Concepción presentaron peor forma (Cuadro N° 8), pero sin diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro N° 8
FRECUENCIA ABSOLUTA Y PORCENTUAL DE LA RECTITUD DE INDIVIDUOS SEGÚN ORIGEN
17 AÑOS DE EDAD

Origen	Vigor Medio		Vigor Bajo		Total	
	(N°)	(%)	(N°)	(%)	(N°)	(%)
Renaico	62	91,2	6	8,8	68	100
Concepción	96	90,6	10	9,4	106	100
Total	158	91,0	16	9,0	174	100

DISCUSIÓN

Tulipero es una especie que se ve favorecida en sitios ubicados en fondos de valles y planicies húmedas, adaptándose también a piedemontes y colinas. Soporta tanto suelos ácidos como básicos, pero son una limitante los suelos muy delgados (IPLA, 2001). En este estudio tulipero se encuentra en un suelo pobre y delgado (CTSyc, s.f), lo que incidió en su sobrevivencia y crecimiento. Exposiciones soleadas resultan fuertemente limitantes y una marcada sequía estival y baja precipitación anual también constituyen limitantes parciales. Al respecto, las precipitaciones en el área de estudio no son bajas en términos anuales, pero si en el período estival, lo que junto a la fuerte insolación constituyen elementos desfavorables para el crecimiento y desarrollo de la especie.

A pesar de lo anterior, el crecimiento observado en esta experiencia es similar al obtenido en Estados Unidos (Loewe *et al.*, 2013), donde según diferentes calidades de sitio puede crecer entre 60 y 93 cm anuales en altura y 0,85 - 1,25 cm anuales en DAP (Beck, s.f.), presentando un crecimiento superior al de otras especies, como *Acer rubrum* y *A. saccharum* (Hart *et al.*, 2010). En esta experiencia y pese a las limitaciones del sitio, se alcanzaron crecimientos interesantes (Figura N° 5), con valores de 67 - 73 cm/año en altura y 1,1 - 1,2 cm/año en DAP. Clatterbuck (2004), en plantaciones de 9-18 años midió crecimiento anuales en altura de 1,2 - 1,3 m/año y en diámetro entre 1,1 y 1,6 cm/año, creciendo los individuos de Osorno menos en altura, pero en forma similar en diámetro.



Figura N° 5
VISTA GENERAL DEL ENSAYO A LOS 7 Y 14 AÑOS DE EDAD

Un aspecto que determina el éxito de la plantación es la calidad de las plantas y la época de plantación, dado que se trata de una especie sensible al trasplante, recomendándose el uso de plantas a raíz desnuda de 30 a 50 cm de altura, así como también realizar la plantación oportunamente, en otoño o invierno. En este ensayo se utilizaron plantas en maceta de una temporada, de 40 cm de alto, bien conformadas, y la plantación se realizó en el mes de julio, por lo que estas variables no son las que determinaron una baja supervivencia.

Las densidades recomendadas fluctúan entre 2 x 2 y 4 x 4 m para fines de producción de madera, ya que con distanciamientos mayores se producen árboles “lobo”, es decir, con gran cantidad de brotes epicórmicos debido a la elevada luminosidad disponible alrededor de los fustes, los que reducen la calidad de la madera. En este ensayo se empleó un distanciamiento intermedio, de 3 x 3 m, y por lo tanto adecuado.

En bosques mixtos, tulipero se asocia con algunos robles (*Quercus spp.*), liquidambar (*Liquidambar styraciflua*), arce rojo (*Acer rubrum*), cerezo americano (*Prunus serotina*) y otras (Loewe *et al.*, 2013), siendo una especie que germina bajo cobertura, ya sea a principios de la sucesión o en claros, pero que debido a su condición de intolerancia a la sombra, necesita una

apertura del dosel durante los primeros años de crecimiento, considerando su rápido desarrollo.

En ejemplares de cerca de 30 años, cuyas copas se habían liberado por medio de raleos, se obtuvo una respuesta significativa en crecimiento en diámetro, con un impacto que supera el 40% y alcanza hasta 88% del incremento radial en comparación a años anteriores. Adicionalmente, se observó que los árboles más jóvenes pueden aprovechar mejor un aumento de la disponibilidad lumínica en comparación con árboles de mayor edad (Sonderman, 1985; Hart *et al.*, 2010), lo que indicaría la conveniencia de hacer raleos suaves y más frecuentes durante la etapa juvenil, moderación que permitiría mantener el rodal lo suficientemente cerrado y, de esa manera, evitar la aparición de brotes epicórmicos. La especie presenta buena poda natural, excepto cuando los árboles se encuentran muy distanciados.

No obstante lo anterior, se observó que la especie es fuertemente sensible a desganches por viento, registrándose numerosos individuos con daños por viento en la copa, con ramas y ápices quebrados y desganchados; ello concuerda con Brach y Kremer (1998), quienes señalan que el viento y la nieve producen este tipo de daños. Por este motivo, establecer la especie en plantaciones mixtas constituye una alternativa para resolver este problema, con las conocidas ventajas de estos sistemas productivos (Loewe y González, 2006), ya que si se establecen y mantienen adecuadamente facilitan las técnicas de manejo, mejoran la calidad de la madera y la productividad, junto con incrementar el valor estético del paisaje (Buresti, 1995; Binkley, 2003; Pretzsch y Schütze, 2009; Hung *et al.*, 2011).

Brach y Kremer (1998) indican que la especie presenta rectitud y dominancia apical aun cuando ciertos orígenes presentan defectos como bifurcaciones. En este estudio, sin embargo, se evidenció que aun presentando dominancia apical, la mayoría de los individuos no son rectos sino que ligeramente curvados, probablemente debido al viento imperante.

Respecto a la genética de la especie, se conocen 14 variedades de tulipero, encontrándose que las diferencias entre poblaciones y el polimorfismo son bastante notables debido a la amplitud de la zona de origen, que permite una elevada variabilidad al interior de la especie, suficiente para obtener poblaciones adaptadas a diferentes regiones (Fowells, 1965; Olson, 1969; Beck y Della Bianca, 1981).

Concordando con lo anterior, en este ensayo hubo diferencias significativas entre orígenes en las variables evaluadas, presentando un mejor desarrollo el origen Renaico.

CONCLUSIONES

Si bien en Chile tulipero se encuentra desde la zona central hasta el sur del país como árbol ornamental, en el sitio probado, Osorno, presenta un interesante crecimiento, pese a que las condiciones del sitio presentan limitantes a su desarrollo, lo que constituye un indicador del potencial de desarrollo en Chile.

El origen Renaico presentó los mejores crecimientos sostenidos en el tiempo. A los 17 años, la altura media alcanzada es de 12,4 m para Renaico y 11,5 m para Concepción, y el diámetro medio alcanza 21 y 19 cm, respectivamente, valores que se encuentran dentro del rango de crecimiento que presenta la especie en su distribución natural en Norteamérica. No obstante ello, las plantas del origen Concepción presentaron mayor supervivencia y vigor, lo que constata la variabilidad característica de la especie.

A nivel mundial existe una demanda insatisfecha importante por madera de calidad, razón por la que, dadas las condiciones ambientales de Chile y el conocimiento para producir madera de calidad en rotaciones de 25 a 40 años, el tulipero puede ser considerado como una alternativa productiva si se lo cultiva con criterios orientados a obtener madera de calidad, para lo cual se recomienda su establecimiento en plantaciones mixtas a fin de evitar desganches por viento que reducen la calidad de la madera.

RECONOCIMIENTOS

El presente estudio se enmarca dentro del conjunto de estudios que el Ministerio de Agricultura ha encargado a INFOR. El establecimiento del ensayo se realizó en el marco del proyecto Silvicultura de Especies No Tradicionales, Una Mayor Diversidad Productiva financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y por el sector privado. Se agradece también al propietario que puso a disposición el terreno para el ensayo y ha velado por su cuidado durante casi dos décadas.

REFERENCIAS

Beck, D. E. and Della Bianca, L., 1981. Yellow Poplar, characteristics and management. U.S. Department of agriculture, Forest Service, Agricultural Handbook No 583. 91 p.

Beck, D. E. (s.f.). *Liriodendron tulipifera*. [En línea] http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/volume_2/liriodendron/tulipifera.htm [Revisado: 14/12/2015].

Binkley, D., 2003. Seven decades of stand development in mixed and pure stands of conifers and N-fixing Red Alder. Canadian Journal of Forest Research 33: 2274-2279.

Brach, J. et Kremer, A., 1998. *Liriodendron* - Tulipier. Les ressources génétiques forestieres en France, tome 2: les feuillus. Pp. 137-143.

Buresti, E., 1995. Walnut trees in mixed stands with shrubs and trees. In: "European development of Walnut and fruit production as an alternative and extensive system to agricultural crops". Workshop of EU AIR/Walnut Project, March 27-30, 1995. Thessaloniki, Greece.

Carnevale, J., 1955. Arboles forestales; descripción, cultivo y utilización. 3a edición. Ed. Hachette S.A. Buenos Aires, Argentina. 689 p.

Clatterbuck, W. K., 2004. Growth and development of Yellow Poplar plantations on three sites ranging from 9 to 18 years. En: Connor, Kristina F., Ed. 2004. Proceedings of the 12th biennial southern silvicultural research conference. Gen. Tech. Rep. SRS-71. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 594 p.

CONAF, 2015. Corporación Nacional Forestal, región de los Ríos. [En línea] <http://www.conaf.cl/conaf-en-regiones/los-rios/> [Revisado: 21/9/2015]

CTSYC, s.f. Mapa de suelos y climas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. [En línea] <http://www.ctsyc.cl/> [Revisado: 15/9/2015]

Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W., 2013. InfoStat version 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

Fowells, H. A., 1965. Silvics of forest trees of the United States. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Agricultural Handbook N° 271. 762 p.

Graziose, R.; Rathinasabapathy, T.; Lategan, C.; Poulev, A.; Smith, P. J.; Grace, M. and Raskin, I., 2011. Antiplasmodial activity of aporphine alkaloids and sesquiterpene lactones from *Liriodendron tulipifera* L. Journal of Ethnopharmacology, 133 (1), 26-30.

Hart, J. L.; Austin, D. A. and van de Gevel, S. L., 2010. Radial growth responses of tree co-occurring species to small canopy disturbances in a secondary hardwood forest on the Cumberland Plateau, Tennessee. Physical Geography 31: 270-291.

Hoffmann, A., 1983. El árbol urbano en Chile. Ediciones Fundación Claudio Gay. 255 p.

Hung, T. D.; Herbohn, J. L.; Lamb, D. and Nhan, H. D., 2011. Growth and production varies between pair-wise mixtures and monoculture plantations in North Viet Nam. Forest Ecology and Management 262: 440-448.

IPLA, 2001. Arboricoltura da Legno. Guida alla realizzazione e alla gestione degli impianti.

Kim, K. H.; Eom, I. Y.; Lee, S. M.; Choi, D.; Yeo, H.; Choi, I. G., and Choi, J. W., 2011. Investigation of

physicochemical properties of bio oils produced from Yellow Poplar wood (*Liriodendron tulipifera*) at various temperatures and residence times. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 92 (1), 2-9.

Loewe, M. V., 1998. Antecedentes de mercado de especies promisorias para Chile (aliso común, aliso rojo, arce, avellano, castaño, cerezo, encino rojo, fresno, grevillea, liquidambar, nogal común, nogal negro, pino piñonero, tulipero). Valdivia, Chile, INFOR. 132 p. Documento de Trabajo Nº 599.

Loewe, M. V., 2003. Nogal negro, Liquidambar y Tulipero, nuevas alternativas para producir maderas de alto valor. INFOR-FIA, 213 p.

Loewe, M. V. y González, O. M., 2004. Tulipero: plasticidad, durabilidad y calidad. Chile Forestal 305: 52-55.

Loewe, M. V. y González, O. M., 2006. Plantaciones Mixtas, Un modelo productivo con potencial para Chile. INFOR-FIA, 299 p.

Loewe, M. V.; González, M.; Villarroel, A. y Barrales, L., 1998. Silvicultura de especies no tradicionales: una mayor diversidad productiva.

Loewe, M. V.; Álvarez, D. A. and Barrales, L., 2013. Growth development of hardwood high value timber species in central south Chile, South America. Proceedings International Scientific Conference on Hardwood Processing (ISCHP), Pp. 50-61. Florencia, Italia, 7-9 Octubre 2013.

Olson, D. F., 1969. Silvicultural characteristics of Yellow Poplar (*Liriodendron tulipifera* L.) U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeast Forest Experimental Station, Research paper SE 48, No 89. 16 p.

Pellegrini, E.; Francini, A.; Lorenzini, G. and Nali, C., 2011. PSII photochemistry and carboxylation efficiency in *Liriodendron tulipifera* under ozone exposure. Elsevier, 70, 217-226.

Pretzsch, H. and Schütze, G., 2009. Transgressive over yielding in mixed compared with pure stands of Norway Spruce and European Beech in Central Europe: Evidence on stand level and explanation on individual tree level. European Journal of Forest Research 128: 183-204.

Sonderman, D. L., 1985. Stand Density- A factor affecting steam quality of young hardwoods. United States Department of Agriculture. Research Paper NE-561.