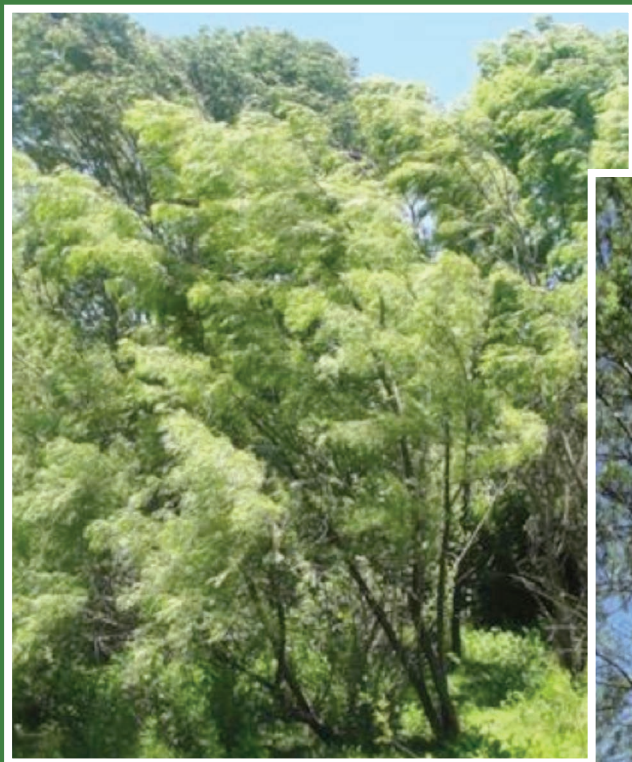




Ministerio de
Agricultura

Gobierno de
Chile

Informe Técnico N° 202



EL SAUCE CHILENO

(*Salix humboldtiana* Willd)

EN LA REGIÓN DEL BIOBIO Y SU USO POTENCIAL EN BOSQUES PLANTADOS

INSTITUTO FORESTAL
2015



INFOR



**EL SAUCE CHILENO (*Salix humboldtiana* Willd) EN LA REGIÓN
DEL BIOBIO Y SU USO POTENCIAL EN BOSQUES PLANTADOS**

Juan Carlos Pinilla S.¹
Patricio Chung G.
Mauricio Navarrete T.

¹Investigadores, Instituto Forestal, Sede Biobío. Chile jpinilla@infor.cl



INFOR

**Instituto Forestal
Chile**

Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago

F. 223667115

ISBN N° 978 – 956 – 318 – 111 – 1

Registro Propiedad Intelectual N° 260696

www.infor.cl

Se autoriza la reproducción parcial de este documento siempre que se cite la fuente correspondiente:

Pinilla, J. C.; Chung, P. y Navarrete, M., 2015. El Sauce Chileno (*Salix Humboldtiana* Willd) en la Región del Biobío y su Uso Potencial en Bosques Plantados. Informe Técnico N° 202. Instituto Forestal, Chile. P. 40.

INDICE

INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVOS	5
ANTECEDENTES DE LA ESPECIE	5
Distribución y Características del Hábitat Natural	7
Asociación Vegetal	7
Descripción General	8
Usos	12
Regeneración	15
Plantación	17
Mejoramiento y Selección	17
MATERIAL Y MÉTODO	19
RESULTADOS	22
Caracterización de la Especie en Rodales Naturales	22
Estimación del Rendimiento de la Especie en Biomasa Verde	29
Estimación del Rendimiento de la Especie en Biomasa Seca	34
CONCLUSIONES	38
REFERENCIAS	40



INTRODUCCIÓN

El Instituto Forestal (INFOR) es un instituto tecnológico del Estado de Chile, adscrito al Ministerio de Agricultura, cuya misión es crear y transferir conocimientos científicos y tecnológicos de excelencia para el uso sostenible de los recursos y ecosistemas forestales, el desarrollo de productos y los servicios derivados, y generar información relevante para el sector forestal.

Dentro de las líneas estratégicas de acción de INFOR se encuentra la investigación forestal orientada al Manejo y Recuperación del Bosque Nativo Chileno y a la transferencia de antecedentes sobre este recurso tanto con fines de conservación como de producción.

En el contexto indicado, INFOR en su sede Biobío ha realizó durante el año 2013 una investigación enfocada a la recopilación de antecedentes acerca del sauce chileno (*Salix humboldtiana* Willd), especie nativa de rápido crecimiento y potencialmente utilizable en plantaciones forestales, respecto de la cual existe información escasa y dispersa.

Los sauces son plantas leñosas pertenecientes al género *Salix*, compuesto por numerosas especies, desde arbóreas y arbustivas hasta algunas de pocos centímetros de altura (Dorn, 1976). *Salix* es uno de los géneros principales de la familia Salicaceae, junto con *Populus* (álamos), del que se diferencia por su capacidad de crecer en un espectro más amplio de condiciones ecológicas (Golfari, 1958).

El trabajo consideró una recopilación de información, la búsqueda de rodales naturales de *Salix* en la Región del Biobío, la toma de información en estos y su posterior análisis para la caracterización de la especie en condiciones naturales.

Con la información reunida se elaboró el presente trabajo sobre la situación actual de esta especie nativa en la Región del Biobío para evaluar su uso potencial en bosques plantados con distintos fines.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es aportar al conocimiento de la especie, sus necesidades de conservación, su manejo y su potencial de aprovechamiento comercial en plantaciones forestales, con miras a abrir una línea de investigación institucional en torno a su silvicultura y utilización.

ANTECEDENTES DE LA ESPECIE

Los géneros *Salix* (sauces) y *Populus* (álamos) son los principales géneros de la familia *Salicaceae*, de amplia distribución natural en el mundo con la sola excepción de Oceanía y parte de Australasia en donde están presentes solo como especies introducidas.

El género *Salix* está representado por una gran cantidad de especies y tiene facilidad para generar híbridos naturales, por lo que diferentes clasificaciones mencionan de 350 a más de 500 especies agrupadas en 4 subgéneros y numerosas secciones. En forma natural ocurre mayoritariamente en el hemisferio norte y su principal centro de abundancia es China en donde existen unas 270 especies, 185 de las cuales son endémicas. En la ex Unión Soviética se encuentran unas 120 especies, en Norteamérica 103 y en Europa 65, y el género tiene también ocurrencia natural en Japón, África, Medio Este, India y Centro y Sur América (Zhanfu *et al.*, 1999 y Argus, 1999, citados por Barros, 2009).

En Chile solo una especie ocurre en forma natural, *Salix humboldtiana* Willd., su distribución es América Central y América del Sur y es la única especie del género nativa en Chile.

Existen en el país otras especies del género, de antigua introducción, y las principales son *Salix babilonica* (sauce llorón), originaria de China; *S. alba* (sauce blanco), de Europa, N de África y Asia; y *S. viminalis* (sauce mimbre), de Europa y Asia. Respecto de *S. humboldtiana* existe escasa información, las restantes en tanto han sido tradicional y ampliamente utilizadas en cestería y artesanías de mimbre, muy en especial *S. viminalis*, sobre la base de algunas plantaciones de ellas, principalmente en la zona de Chimbarongo, en la Región de O'Higgins (Barros, 2009).

Los sauces prosperan bajo una gran variedad de condiciones de suelos y clima, los hay en riberas de ríos, en extensas planicies bajas y en zonas de alta montaña (Martini y Paiero, 1988). Según estudios de restos fósiles, *Salix* se habría originado en Asia y su aparición sería posterior a la de *Populus* (Collison, 1992). Ambos géneros tienen características en común y existe una teoría respecto de que tendrían un mismo antecesor entomófilo (Eckenwalder, 1996).

Las mayores superficies conocidas de bosques naturales de sauces se hallan en la Federación Rusa con 2.850.000 ha, seguida por Francia (67.000 ha), China (60.000 ha), Italia (35.000) y Croacia (7.000 ha). También aparecen sauces espontáneos, frecuentemente en rodales mixtos, en Serbia, Rumania, Canadá, Estados Unidos, Chile y Argentina (Ball *et al.*, 2005).

La superficie plantada con sauces en todo el mundo se estima en alrededor de 185.000 ha, el 51% de la cual es para producción de madera y el resto para propósitos ambientales. En Argentina y Suecia la superficie de plantaciones de sauce se destina en su totalidad a la producción, mientras que China tiene la mayor extensión de plantaciones de sauces (80.000 ha), y gran parte de esta ha sido establecida con propósitos ambientales; 59.000 ha en programas contra la desertificación (Heinsoo and Koppel, 2004). Le siguen las plantaciones de Argentina (46.000 ha), Rumania (24.200), Nueva Zelanda (20.100) y Suecia (15.100 ha).

Ragonese (1989) indica que las especies arbóreas de mayor aplicación productiva son las europeas *S. alba* L. y *S. fragilis* L., las asiáticas *S. babylonica* L. y *S. matsudana* Koidtz y las americanas *S. nigra* Marsh y *S. humboldtiana* Willd. o sauce criollo, la única nativa del hemisferio sur. Entre ellas, la más difundida en el mundo es *Salix alba* (sauce blanco), con aptitud para producir madera y también ramas flexibles para cestería y fabricación de artesanías. Fue ampliamente distribuida por los europeos después del Renacimiento e introducida más tarde a Norteamérica.

Salix humboldtiana, conocido como sauce chileno, sauce amargo o sauce criollo, recibe algunos otros nombres comunes, como sauce colorado, sauce negro, sauce cimarrón y sauce de Castilla, dado que los españoles a su llegada a estas tierras lo encontraron parecido a la especie de su país (*Salix alba*). Se distribuye en América Central y Sudamérica, en Chile entre las Regiones de Arica y La Araucanía.

Distribución y Características del Hábitat Natural

Especie originaria de América del Sur y Central. También se le encuentra en México donde alcanza hasta los 1250 msnm (Need, 1984).

En Chile crece desde la Región de Arica (Valle de Azapa) a la Región de La Araucanía (Río Quepe, provincia de Cautín) (Hauenstein *et al.*, 2005), desde cerca del nivel del mar hasta los 600 msnm, principalmente en la Cordillera de la Costa y el Valle Central (Rodríguez *et al.*, 1983).

En Chile, según Del Fierro *et al.* (1998), esta especie se desarrolla en tres climas principales; mediterráneo marino, mediterráneo subtropical semiárido y desierto subtropical marino

Su tolerancia a temperaturas está entre los -3,2 °C a 9,9 °C para la mínima y de 16,5 a 31,3 °C para la máxima. Las temperaturas medias en su distribución son de 14 °C, con un amplio rango de precipitaciones.

Los mismos autores señalan que la especie se ubica preferentemente en lugares húmedos y a veces arenosos, a lo largo de riberas de ríos, esteros y lagos, como también en zonas bajas y sectores inundados.

En la mayoría de los casos se encuentra aislada o formando pequeños grupos asociados al matorral ribereño.

Asociación Vegetal

De acuerdo a Gajardo (1994), esta especie participa en la comunidad *Salix humboldtiana-Maytenus boaria* (sauce amargo-maitén), característica de los cursos de agua poco alterados por la intervención humana. En ciertas circunstancias forma bosques de alguna extensión.

En esta comunidad vegetal las especies representativas son el sauce (*Salix humboldtiana*) y el maitén (*Maytenus boaria*), acompañadas por ñipa (*Escallonia illinita*), chequén (*Luma chequen*) y quilo (*Muehlenbeckia hastulata*). Comúnmente puede encontrarse también chilquila (*Baccharis pingraea*) y brea (*Tessaria absinthioides*).

Descripción General

Salix humboldtiana se presenta como árbol que alcanza hasta los 20 m de altura y un diámetro del tronco que puede llegar a 1 m. La corteza es gruesa, de color pardo grisáceo y muy rugosa.

En su estado juvenil presenta un tallo de color verde plumizo con moteados de color café rojizo, principalmente en la inserción de las ramas. En las ramas principales muestra pequeñas grietas y una línea perpendicular a estas por debajo de la ramilla.



Figura N° 1
ASPECTO GENERAL DEL ÁRBOL

• Corteza

La superficie externa en la corteza joven es lisa, color pardo grisáceo, en tanto que la corteza vieja es de color pardo amarillento a pardo oscuro y se halla recorrida por estrías longitudinales, que a su vez se unen con otras dispuestas diagonalmente. Las placas que se desprenden en ejemplares muy añosos son grandes con bordes irregulares y moderadamente gruesas en espesor. La superficie interna es estriada longitudinalmente, color canela o rojizo pálido y posee fractura breve y fibrosa. Es levemente aromática y su sabor es astringente y ligeramente amargo (Di Sapio y Gattuso, 1992).

Respecto de los caracteres anatómicos de la corteza de *S. humboldtiana*, se presenta una corteza externa la cual presenta numerosas peridermis, originadas por la actividad felogénica y que constituyen el ritidoma. Esas peridermis se disponen en forma imbricada o escamosa y se hallan constituidas por 5 a 8 capas de células de súber, de paredes moderadamente engrosadas (Di Sapio y Gattuso, 1992).

Las células suberosas presentan paredes radiales cortas y tangencialmente anchas en cada peridermis; las últimas en generarse se ubican en capas más comprimidas que las demás. Es de destacar que en algunos sectores el súber circunscribe paquetes de fibras esclerenquimáticas (Di Sapio y Gattuso, 1992).

En la corteza interna, el tejido comprendido entre las peridermis y el que conforma la corteza interna corresponde a floema secundario, inactivo en el primer caso y activo en el segundo. Los radios floemáticos que se observan dispuestos longitudinalmente en ambas cortezas son uniseriados y han sufrido una ligera torsión debido al crecimiento secundario del tallo (Di Sapio y Gattuso, 1992).



Figura N° 2

CORTEZA DE RAMAS DE 1 A 2 AÑOS DE EDAD (IZQ) Y DE ÁRBOL ADULTO (DER)

• Madera

A través de un corte transversal se observa que el leño de *Salix humboldtiana* es heteroaxilar. La disposición de los vasos determina una porosidad difusa. El contorno de los vasos es circular, se presentan solitarios, en racimos, en series radiales cortas (2 - 4 vasos) y en pocos casos en series largas (6 vasos).

Las fibras son relativamente abundantes, de paredes delgadas y se ubican en algunos casos rodeando a los vasos. El parénquima axial, muy abundante, es paratraqueal vasicéntrico y apotraqueal (Rodríguez, 1999).

En un corte longitudinal tangencial se aprecia que los vasos son cortos a medianos, se comunican entre sí mediante puntuaciones areoladas alternas y placas de perforación simples oblicuas.

La presencia de radios uniseriados y parcialmente biseriados determina un sistema radial heterogéneo. Los radios son heterocelulares ya que presentan células verticales, cúbicas y procumbentes, tal como se observa en un corte longitudinal radial (Rodríguez, 1999).

La madera es blanda y liviana, de acuerdo a Atencia (2003) la densidad de la madera en estado verde es de 850 Kg/m³ y en estado seco es de 480 Kg/m³ y según SAyDS (2004) su peso específico es de 0,43 a 0,50, la albura presenta un color blanco rosado y el duramen castaño rosado claro, textura fina, grano derecho, veteado suave.

• **Follaje**

La especie es de hoja caduca y estas son glabras de 10 a 13 cm de largo y 7 a 8 mm de ancho, presentan un pecíolo corto de 5 - 8 mm de largo de tonalidad rojiza en su parte basal al igual que las ramillas nuevas.

Las hojas crecen en forma alterna, son de forma linear lanceoladas, de borde aserrado, acuminadas y con base aguda. La nervadura central es notoria y de color verde claro, siendo las hojas de color verde más oscuro. Estas crecen en forma espiralada. Presenta una estípula pequeña de 1 mm de largo de color verde amarillento con algunas tonalidades rojizas.

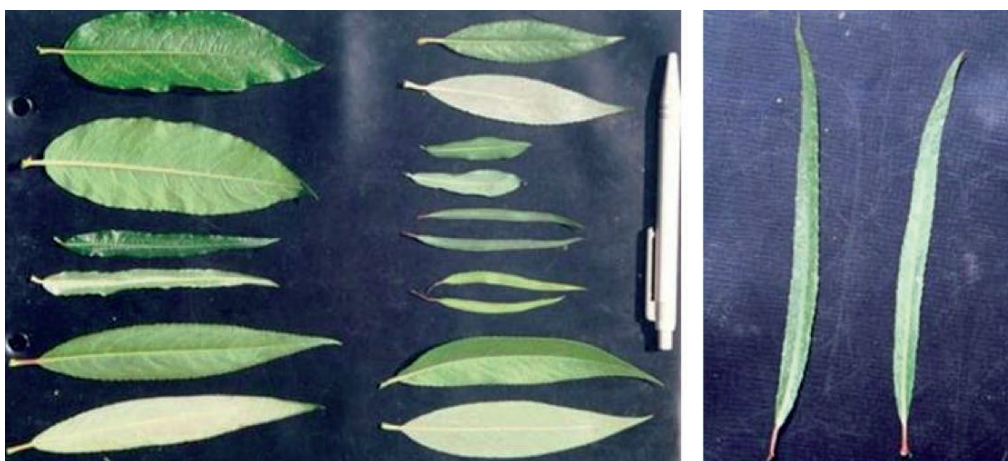


Figura N° 3

HOJAS DE DIFERENTES ESPECIE DE SALIX (IZQ) Y HOJAS DE *Salix humboldtiana* (DER)

• Flores

La especie es dioica y florece desde inicios de septiembre hasta mediados de octubre. La floración es de tipo coetánea. Los amentos aparecen en el extremo de ramillas nuevas. La polinización de las flores es entomófila, actuando en ello un amplio espectro de insectos, entre ellos las abejas y los escarabajos (Vásquez – Yanes *et al.*, 1999)

Las flores femeninas presentan un ovario globoso, poco pubescente y pedunculado, casi no presenta estilo, siendo el estigma de color verde cristalino, la flor mide 3 mm alcanzando el ovario los 2 mm con 1 mm de pedúnculo. Presenta una escama de color verde muy poco pubescente y un solo nectario de color amarillo.

El raquis de la inflorescencia es de color verde, poco pubescente, y mide 3,3 cm de largo por 0,6 cm de ancho. Las flores masculinas presentan 3 a 4 estambres de 5, 5 mm de largo cubiertos por una escama de color verde claro de 3 mm, poco pubescente. Además, existen 4 nectarios de color amarillo que rodean los estambres. La inflorescencia posee un largo de 6,5 cm por 1,1 cm de ancho, teniendo un raquis verde y medianamente pubescente.



Figura N° 4
RAMILLA Y FLORES DE *Salix humboldtiana*

• Frutos

Los frutos son cápsulas ovadas, muy pequeñas, con un solo lóculo, bivalvas y escasamente pediceladas. Estas cápsulas maduran desde fines de primavera a comienzos del verano y guardan un gran número de semillas provistas de un penacho algodonoso blanco.



Figura N° 5
FRUTO Y SEMILLAS DE *Salix humboldtiana*

• **Variedad**

Existe una variedad de la especie presente en Chile, de crecimiento monopódico, que se encuentra principalmente en la zona de Copiapó (Donoso, 1978) y en el noroeste argentino, es *Salix humboldtiana* Willd. var. *fastigiata* André, sauce álamo, conocido también como *S. humboldtiana* Willd. Pyramidalis, Pencil Willow o Chilean Willow

Usos

- **Medicina Popular**

La corteza del sauce y en menor medida las hojas contienen salicina, la cual una vez absorbida por el organismo se transforma en ácido salicílico a nivel hepático. Gran parte de sus propiedades aprovechadas por la medicina popular se deben a la salicina, se emplea la corteza y las hojas para tratamiento de fiebres, dolores reumáticos y menstruales, y en forma externa para lavar heridas (MINSAL, 2009). La forma tradicional de uso interno es en infusiones, normalmente una cucharada del material vegetal por un litro de agua recién hervida, en dosis de 1 taza 3 veces al día. Para su uso externo en tanto se utiliza la misma preparación anterior aplicada sobre heridas. Sus efectos son de tipo analgésico, antiinflamatorio, febrífugo y astringente (MINSAL, 2009).

- **Productos Madereros**

En Argentina la madera de algunos clones de sauce se usa actualmente en la industria del debobinado y aserrado (10%) y en una proporción mayor en la producción de papel para periódicos y de tableros (90%). En el caso del papel para periódicos las plantaciones de sauce abastecen casi el 60% de la industria (Cerrillo, 2009).

- Restauración Ecológica y Recuperación de Suelos

Las especies del género poseen ciertas características que las hacen adecuadas para su empleo en restauración ecológica de humedales y conservación de la vida silvestre, y en recuperación de tierras y forestación de sitios industriales con altos contaminantes presentes en el aire y suelo.

Salix se ha utilizado tradicionalmente para protección de suelos debido a su capacidad para ejercer funciones mecánicas para combatir la erosión del suelo por el agua y viento, así como para formar estructuras de protección (protección contra el viento, refugios de vida y murallas vivas).

Los sauces tienen alta capacidad de enraizamiento, sistemas de raíces extensos y tolerancia a inundaciones y sedimentación (Kuzovkina y Quigley, 2005).

- Biomasa

El sauce aparece como uno de los combustibles de biomasa más prometedores en muchos países. Su rápido crecimiento puede permitir capturar más carbono que otras maderas blandas dentro de una estación de crecimiento (Lamlom y Savidge, 2003).

El uso de biomasa, como fuente de energía para sustituir combustibles fósiles que incrementan el contenido de CO₂ en la atmósfera, contribuye a mitigar el cambio climático y es considerado carbono neutral dado que se compensa el carbono liberado en la combustión con el carbono capturado en la madera durante el crecimiento (Kuzovkina y Quigley, 2005).



Figura N° 6
SALIX EN SUELOS RIBEREÑOS CON DEPÓSITOS DE ARRASTRE

- Fitorremediación

El género *Salix* está actualmente bajo una intensa investigación por su potencial para ser utilizado en fitorremediación de suelos, dada su capacidad de limpiar sustratos a través de procesos químicos y metabólicos. Estos incluyen la fitoextracción, consistente en la eliminación de metales pesados del suelo debido a la absorción de las plantas y la translocación de metales en órganos sobre el suelo; la fitodegradación, que es la acumulación y la transformación bioquímica de contaminantes orgánicos por plantas y microorganismos asociados; la rizofiltración y la rizoestimulación, dadas por la eliminación de contaminantes procedentes de soluciones acuosas por la captación directa a través de las raíces de las plantas; y la fitoestabilización, caracterizada por la deshidratación del sustrato y la prevención de la polución a causa del transporte.

Los sauces satisfacen la mayor parte de los requisitos de las plantas utilizadas en fitorremediación; rápido crecimiento, fácil propagación, extensos sistemas de raíces, y capacidad de acumular contaminantes.

La capacidad de rebrotar después de la cosecha de la biomasa aérea, junto con el potencial de producción de biomasa para energía, convierten a estas especies en un grupo apropiado de plantas, tanto para fines energéticos como de fitorremediación (Kuzovkina y Quigley, 2005).

Un ejemplo de esto es la planta ubicada en Whitecourt, Alberta, Canadá, que utiliza especies de *Salix* para el tratamiento del agua y posterior uso de la madera como biomasa para energía.



Figura N° 7

VISTA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA Y PLANTACIONES DE SALIX
WHITECOURT, ALBERTA, CANADÁ

- Otros Usos

En Argentina, Europa, Estados Unidos y Canadá se realizan plantaciones de sauces con fines maderables y también se los emplea en programas de mejoramiento ambiental. Los sauces son utilizados también en sistemas agroforestales, como cortinas cortavientos y plantación en linderos (Vásquez – Yanes *et al.*, 1999).

En Argentina, el INTA Bariloche ha iniciado un proyecto, en conjunto con la Universidad de Marburg de Alemania, para el análisis de la diversidad genética y la ecología y auto-ecología de *Salix humboldtiana* en función del grado de antropización, invasión de hábitat y dilución genética por parte de los clones de otros sauces introducidos. Este estudio además permitirá generar un estaquero de esta especie con fines de selección y posterior cultivo, teniendo en cuenta que el sauce criollo es el preferido por los pobladores locales, ya que su madera es más densa y se adapta a infinidad de usos (Comisión Nacional del Álamo de Argentina, 2012).

Los sauces tienen gran valor apícola como productores de polen temprano, en la época en que menos abunda y más lo necesitan las abejas. Para atraer los insectos las flores de *Salix* poseen glándulas de néctar. *Salix humboldtiana* es una fuente de resinas y algunos autores han sugerido que la flora nativa contribuye en forma importante como recurso propolífero, incluyendo *Baccharis linearis*, *Escallonia pulverulenta* y *Salix humboldtiana* (Peña, 2008)

En épocas desfavorables, el ganado se alimenta de las hojas y corteza de los sauces (Donoso, 1981). Además, se usa como cerco vivo, cortavientos y como planta ornamental.

Además, la corteza es utilizada para teñir lana, de color rosa, y también en trabajos de curtiembre (Larroulet *et al.*, 2011).

Regeneración

Los eventos de inundación son los principales reguladores en el establecimiento de los bosques de sauce criollo (*Salix humboldtiana*) presentes en los ríos. El control se expresa principalmente a través de dos procesos: a) La aparición de bancos colonizables por esta especie que, por sedimentación pueden llegar a transformarse en albardones y b) La erosión fluvial, que elimina progresivamente los bosques ya establecidos.

Varios rasgos de la biología del sauce, como la producción de gran cantidad de semilla que germina en ambientes muy húmedos y alejados de los árboles de la generación anterior, la alta velocidad de crecimiento y la adaptación a inundaciones, han permitido su supervivencia en este ambiente tan dinámico (Liotta, 2001).

El factor de control de las poblaciones pasa de ser biótico (competencia interespecífica en una sucesión) en el tramo superior de los cauces de agua a ser mayormente abiótico (erosión) en los tramos inferiores (Liotta, 2001).

La especie presenta varias adaptaciones morfológicas y fisiológicas, como la presencia de raíces adventicias utilizadas en la absorción de nutrientes y oxígeno, en la atenuación del escurrimiento y en el consiguiente aumento del nivel del suelo (Depestris *et al.*, 1992); la capacidad de reordenar el sistema radicular y el follaje en respuesta a sedimentaciones en gran escala; la posibilidad de traslocar oxígeno desde el tronco a las raíces ubicadas en suelos que, después de inundados, se hacen anóxicos (Neiff, 1986; Neiff *et al.*, 1985); y la gran capacidad de reproducirse vegetativamente a partir de ramas quebradas (Liotta, 2001).

Liotta (2001), citando a varios autores, menciona que es notable la peculiaridad que presenta esta especie arbórea en su reproducción sexual, basada en que las semillas germinan alcanzando densidades de miles por metro cuadrado y creciendo rápida y uniformemente. Para ello es necesario que se unan condiciones que favorezcan tal situación, como un sustrato húmedo y poco consolidado, con buena carga de nutrientes que permita el rápido crecimiento de las plantas, densidades suficientes de semilla y alta disponibilidad de luz (Niiyama, 1990). Sin embargo, aun con estas ventajosas adaptaciones, los bosques de sauce criollo no se encuentran dispersos por toda la llanura aluvial (Liotta, 2001).

La mejor manera de reproducirlo es por estacas, se cortan trozos de 20 a 30 cm de ramas jóvenes y maduras después de que el sauce ha votado todas sus hojas, y se entierran profundamente en el lugar definitivo de modo que solo queden expuestos 5 a 8 cm al exterior; el sitio elegido debe ser húmedo y tener buen drenaje; brotarán y enraizarán en primavera (MINSAL, 2009).

Las semillas cubiertas de pelos, con apariencia lanosa, pueden ser almacenadas y conservadas por un período máximo de 4 a 6 semanas. Las semillas húmedas (4-8%) pueden almacenarse por algunos meses si se refrigeran en recipientes sellados a 4°C. La tasa de germinación decae después de 10 días a temperatura ambiente.

La dispersión en forma natural de las pequeñas semillas es a través del viento (anemócora) y el agua (hidrócora). La germinación es de tipo epigea, produciéndose en condiciones naturales dentro de 12 o 24 horas sobre arena húmeda o aluvial, requiriendo además de luz y variación en la temperatura.

Las semillas deben ser recolectadas tan pronto como madura el fruto y no es necesario separar las semillas de las cápsulas. No requieren tratamiento pregerminativo y presentan una longevidad menor a 3 años, no observándose algún tipo de latencia. Soportan el secado, pero mueren al poco tiempo de estar almacenadas a temperaturas de entre 10 a 30 °C (Vásquez – Yanes *et al.*, 1999).

Las semillas deben ser sembradas inmediatamente después de colectadas si no se cuenta con la posibilidad de almacenarlas en frío. Las cápsulas se esparcen en las camas húmedas y se cubren para mantener la humedad relativa a altos niveles hasta que las plántulas se hayan establecido bien (Vásquez – Yanes *et al.*, 1999).

Plantación

El espaciamiento puede ser de 4 x 2 m, 3 x 3 m o 3 x 2 m. Se sugiere que la plantación sea realizada con estacas de 30 cm de ramas de un año de edad o estacas más grandes, utilizando distancias de 2 x 2 m y realizando una poda sanitaria (Vásquez – Yanes *et al.*, 1999).

Métodos adecuados de establecimiento y una adecuada selección de especies para sitios específicos incrementan el éxito de una plantación. Los requisitos para un óptimo establecimiento incluyen la plantación durante el período de reposo, la provisión de condiciones de humedad en las etapas tempranas de la brotación o enraizamiento y la exposición a pleno sol (Lamlom y Savidge, 2003).

Uno o dos años de riego suplementario y el control de malezas pueden ser prácticas necesarias durante las operaciones de establecimiento, mientras que se desarrolla un extenso sistema de raíces superficiales laterales o estas puedan alcanzar las capas más profundas del suelo permanentemente húmedo. Una amplia gama de suelos es adecuado para la plantación y el pH del suelo es menos importante en el cultivo que en el caso de sus hábitats naturales (Lamlom y Savidge, 2003).

Mejoramiento y Selección

El mejoramiento en Chile en el caso de los sauces es casi nulo, con estudios contados realizados por INFOR. La introducción de la especie y de híbridos (clones) y su posterior selección, es una oportunidad para extender cultivos a regiones no tradicionales donde se requiere madera de rápido crecimiento para su utilización local, ya sea para madera u otros usos de interés.

Sería conveniente realizar estudios mediante redes de ensayos, con la mayor cantidad de material genético posible, para evaluar su comportamiento bajo diferentes sitios y revisar así sus posibilidades de adopción para cultivos locales. Posteriormente, técnicas de mejoramiento genético mediante selección, cruzamientos libres y controlados, deberían ser exploradas para disponer de material genético con mayores grados de mejoramiento. Algunas variables genéticas, como la heredabilidad de los caracteres más importantes permitirán conocer las ganancias genéticas que puedan lograrse con el nuevo material que se obtenga. Estos trabajos se verían favorecidos por la facilidad de la especie de combinarse con otras especies o variedades del mismo género en su ambiente natural (Chung, 2002).

La selección temprana en sauce, según trabajos hechos por Barret *et al.* (1972), utilizando correlaciones entre alturas a los 3 y 9 meses y al cuarto y quinto año, señalan valores bajos, que fueron mejorando cuando las comparaciones se hicieron luego del segundo o tercer año, según la familia, con edades más avanzadas. Finalmente, concluyeron que no debe practicarse selección en el primer año, recomendando hacerla a partir del tercer año.

Chung (2002) menciona algunos ejemplos de líneas y programas de mejoramiento, con variable grado de desarrollo, destacando los realizados en Estados Unidos, Canadá y Reino Unido, para producción de bioenergía; en Nueva Zelanda, para protección contra la erosión en áreas fluviales; en Suecia, para fitorremediación; en India, para producción de madera y aplicación en control de la erosión; y en Chile, con introducción de germoplasma de sauces mimbre para cestería y elaboración de artesanías y muebles livianos.

En Italia, buscando alternativas a la populicultura, se inició en 1957 un programa de selección en rodales espontáneos, que luego prosiguió con estrategias de cruzamientos controlados. Similares líneas metodológicas se han desarrollado en España, Rumania, Bélgica, Grecia y Croacia, donde se aprovecha la existencia de sauces nativos para mejoramiento y conservación genética.

INFOR realizó investigaciones en el área de los sauces, abordando diversos aspectos dentro de los cuales resaltan las experiencias desarrolladas en el ámbito de la genética, prospectando las variabilidades genéticas de la población de sauces del país, con una colecta de 102 individuos, constituida por diversas especies y clones de ellas. Además, se introdujeron 25 clones de *Salix*, como consecuencia de investigaciones que mostraron la acotada base genética presente en el país, principalmente de *Salix viminalis* (Abalos *et al.*, 2002).

El conocimiento adquirido por INFOR de las especies de sauces presentes en Chile y su variabilidad clonal es posible utilizarlo para futuros programas de mejora con este género. Además, permite orientar los trabajos, con el fin de mejorar la base genética, mejorar la calidad del material y los rendimientos de las plantaciones en diversas zonas del país, tanto en la producción de mimbre para la confección de muebles como para emprender futuros trabajos en el área de la bioenergía.

Otro aspecto de relevancia en el área de la silvicultura fue el desarrollo de técnicas de plantación y de manejo, permitiendo generar pautas que han servido como base para las plantaciones actuales, dirigidas a la producción de mimbre (*Salix viminalis*). Abalos *et al.* (2002) determinaron que el mejor clon de *S. viminalis* en un sitio específico de crecimiento (Chimbarongo), entregó una productividad promedio de 26,9 t secas/ha/año, con diferencias significativas respecto del resto.

MATERIAL Y METODO

Para la descripción de los rodales naturales de sauce chileno se seleccionaron diferentes sectores en la Región del Biobío en donde existe naturalmente la especie, selección que se efectuó empleando información del Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos (CONAMA - CONAF, 1997) y antecedentes derivados del conocimiento que los investigadores de INFOR tienen de la región.

La búsqueda se orientó hacia cajas de ríos y sectores con mayor presencia de humedad, en donde se puede ubicar individuos aislados o rodales, aunque la especie en general no forma rodales puros.

Seleccionados los sectores, en cada uno de ellos se seleccionó un árbol representativo del sector, en el cual se midieron las variables para su descripción, y se registró además información del lugar, como ubicación y otros antecedentes.

En el Cuadro N° 1 se muestra resumidamente la ubicación y otras características de los rodales seleccionados.

La información colectada es la siguiente:

Del árbol:	Número de fustes (N°) DAP de cada fuste (mm) Altura total (m) Altura inicio copa (m) Origen (semilla o retoño) Diámetro copa (m) (S, N, E y O) Forma (curvo, bifurcado) Estado sanitario (bueno, malo) Floración (si, no)
Del lugar:	Exposición (S, N, E y O) Situación topográfica (potrero, ladera, quebrada) Altitud (msnm) Tipo suelo Vegetación asociada

Dado el interés que puede representar el cultivo de sauces para bioenergía, se tomó muestras de un árbol de buen crecimiento, en 15 sectores (Cuadro N° 2), con el objeto de determinar valores de biomasa en peso verde. Seleccionado el árbol en cada caso, este fue cortado y seccionado el fuste en largos de 1 metro hasta un diámetro mínimo de 1 cm. Estas trozas fueron pesadas en balanza digital en terreno, obteniendo el valor del peso de la biomasa verde del árbol, además de sus variables principales (DAP, altura, otras).

Así fue posible obtener una aproximación a valores de biomasa verde de *Salix humboldtiana* que se pueden relacionar con variables del árbol, de modo de poder desarrollar futuros modelos de estimación de biomasa aérea en peso seco (tMS/ha) para su uso en bioenergía.

Cuadro N° 1
UBICACIÓN DE RODALES SELECCIONADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN
DE *Salix humboldtiana*

Sector	Nombre	Coordenadas		Suelo*	Situación**	Origen	Altitud (msnm)
		Latitud S	Longitud O				
1	Arauco- Los Maitenes	37°14'36"	73°14'48"	L	P	Semilla	2
2	Ramadilla	37°17'47"	73°15'40"	L	P	Semilla	2
3	Ramadilla	37°17'46"	73°15'42"	L	P	Semilla	6
4	Ramadilla	37°17'45"	73°15'39"	L	P	Semilla	6
5	Guarilihue alto	36°33'01"	72°43'21"	La	Fq	Semilla	105
6	Guarilihue alto	36°33'11"	72°43'27"	La	Fq	Semilla	85
7	Guarilihue bajo	36°33'30"	72°43'41"	La	Po	Semilla	84
8	Coelemu-Rio Itata	36°28'39"	72°41'22"	Lar	Lr	Retoño	0
9	El Manzano -Trehuaco	36°22'10"	72°37'20"	La	P	Semilla	119
10	Cajón del Manzano -Trehuaco	36°22'23"	72°38'49"	La	P	Semilla	136
11	Cruce Trehuaco Quirihue - Chillán	36°18'26"	72°33'03"	La	P	Semilla	212
12	Ninhue	36°23'42"	72°28'58"	La	P	Semilla	107
13	Confluencia	36°38'34"	72°26'50"	Lp	Lr	Retoño	25
14	El Recodo, camino a Santa Juana	36°53'16"	73°03'34"	Lar	Lri	Retoño	1
15	Curalí - Santa Juana	37°14'11"	72°57'47"	L	P	Semilla	44
16	Las Corrientes - Nacimiento	37°20'47"	72°51'44"	L	P	Semilla	88
17	Fdo Cruz de Piedra - Laja	37°15'28"	74°40'24"	L	P	Retoño	48
18	Rio Claro - Yumbel	37°11'06"	72°35'55"	L	P	Retoño	61
19	Camino Yumbel	37°01'48"	72°32'59"	L	P	Semilla	96

*L: Limoso
** P: Potrero

La: Limo-arcilloso
Fq: Fondo quebrada

Lar: Limo-arenoso
Lr: Ladera río

Lp: Limo-pedregoso
Lri: Lecho río

Cuadro N° 2
SECTORES SELECCIONADOS PARA ESTIMACIÓN DE BIOMASA VERDE
POR ÁRBOL DE *Salix humboldtiana*

N°	Nombre	Coordenadas		Suelo*	Situación**	Altitud (msnm)
		Latitud S	Longitud O			
1	Santa Juana 1	36°53'16"	73°03'34"	Ar	Or	27
2	Santa Juana 2	36°56'03"	73°02'56"	Ar	Or	26
3	Santa Juana 2	36°56'03"	73°02'56"	Ar	Or	26
4	Sta Juana-Nacimiento	37°20'47"	72°51'44"	Tr	Dp	100
5	Sta Juana-Nacimiento	37°20'47"	72°51'44"	Tr	Dp	100
6	Trintre	37°55'25"	72°44'28"	Tr	Fq	87
7	Trintre	37°55'25"	72°44'28"	Tr	Fq	87
8	Yumbel-Río Claro	37°11'06"	72°35'55"	Ar	Or	60
9	Yumbel-Río Claro	37°11'06"	72°35'55"	Ar	Or	60
10	Yumbel	37°01'48"	72°32'59"	Lar	Dp	105
11	Confluencia	36°38'23"	72°26'32"	Ar	Or	21
12	Confluencia	36°38'23"	72°26'32"	Ar	Or	21
13	Confluencia	36°38'23"	72°26'32"	Ar	Or	21
14	Confluencia	36°38'23"	72°26'32"	Ar	Or	21
15	Cruce Quirihue	36°18'26"	72°33'03"	Tr	Dp	208

* Ar: Arenoso

Tr: Trumao

Lar: Limo arenoso

** Or: Orilla rio

Dp: Deslinde parcelas Fq: Fondo de quebrada

RESULTADOS

Caracterización de la Especie en Rodales Naturales

La caracterización de la especie se efectuó sobre la base de mediciones en individuos creciendo en diversas situaciones en la Región del Biobío, dado que la especie en general no forma rodales puros ni extensos y normalmente está asociada a otras especies.

La información registrada en los 19 sectores en donde fueron seleccionados individuos se presenta resumida en los Cuadros N° 3 y N° 4 donde se entrega información sobre el lugar, estado sanitario de los árboles, vegetación asociada y otros antecedentes.

Cuadro N° 3
CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE EN RODALES NATURALES DE LA
REGIÓN DEL BIOBIO

N°	Nombre	Fustes (N°)	Altura (m)	Altura Inicio Copa (m)	Diámetro (mm)			Diámetro de Copa (m)			
					1	2	3	E	O	N	S
1	Arauco Los Maitenes	1	13,1	1,5	55,9			10,8	5,9	9,7	4,7
2	Ramadilla	3	12,1	2,0	56,8	46,1	49,2	10,0	7,2	6,2	9,0
3	Ramadilla	1	11,7	1,6	42,8			6,8	5,0	6,8	3,4
4	Ramadilla	2	11,7	1,7	56,0	44,6		3,2	8,1	9,7	3,8
5	Guarilihue Alto	1	10,7	1,3	25,9			3,5	4,5	4,0	4,2
6	Guarilihue Alto	1	8,0	1,0	12,1			2,2	3,2	3,5	2,8
7	Guarilihue Bajo	1	16,8	2,0	79,5			11,0	7,2	13,3	8,4
8	Coelemu Rio Itata	1	9,0	1,5	15,6			---	3,5	2,0	3,0
9	El Manzano Trehuaco	1	11,2	2,5	27,3			4,3	15,5	3,3	2,2
10	Cajón del Manzano Trehuaco	2	10,6	2,0	48,0	43,2		7,3	4,8	9,0	7,4
11	Cruce Trehuaco Quirihue - Chillán	1	14,0	1,0	48,0			5,0	5,0	6,0	4,0
12	Ninhue	1	10,0	1,8	68,0			2,6	3,0	2,8	2,8
13	Confluencia	3	10,0	2,0	16,6	14,3	7,5	2,7	3,2	3,7	2,2
14	Santa Juana	1	6,9	0,2	9,3			1,9	2,4	2,8	2,3
15	Curalí Santa Juana	1	18,6	2,5	98,0			7,5	6,2	9,7	7,4
16	Las Corrientes Nacimiento	1	12,8	2,0	68,0			3,2	4,8	5,0	8,0
17	Fdo Cruz de Piedra Laja	1	6,0	0,1	15,0			1,7	2,2	3,2	3,1
18	Rio Claro- Yumbel	1	12,3	0,5	13,3			---	4,3	---	0,0
19	Camino Yumbel	1	8,0	1,0	24,0			2,5	2,4	2,5	2,3

Los diámetros (DAP) y alturas registradas son muy variables, llegando hasta 10 cm y 18 m, respectivamente, en la zona de Santa Juana (Figuras N° 8 y N° 9), los ejemplares se encuentran en general en suelos planos, no se aprecian plagas o enfermedades y la vegetación acompañante es variada, desde solo pastizales hasta especies nativas, como espino y maitén y especies exóticas como álamos, otros sauces y en algunos casos eucaliptos.

Cuadro N° 4

CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE EN RODALES NATURALES DE LA REGIÓN DEL BIOBIO - INFORMACIÓN ADICIONAL

N°	Nombre	Forma*	Sanidad**	Flores	Exp	Especies asociadas ***
1	Arauco - Los Maitenes	Cb	B	No	Plano	Pastos
2	Ramadilla	Cb	B	No	Plano	Pastos y álamo
3	Ramadilla	Cb	B	No	Plano	Álamo, sauce mimbre, pastos
4	Ramadilla	Cb	B	No	Plano	Sauce mimbre, pastos
5	Guarilhue Alto	Cb	B	No	Oeste	Álamo, maqui, totora, zarzamora
6	Guarilhue Alto	Cb	B	No	Plano	Actividad agrícola
7	Guarilhue Bajo	Cb	B	No	Plano	Frutales, zarzamora
8	Coelemu - Rio Itata	Cb	B	No	Oeste	Eucalipto, acacia falsa
9	El Manzano Trehuaco	Cb	B	No	Plano	Maitén, zarzamora, otros sauces
10	Cajón del Manzano Trehuaco	Cb	B	No	Plano	Espino, zarzamora, acacia falsa, aroma
11	Cruce Trehuaco Quirihue-Chillán	Cb	B	No	Plano	Rodal de sauce chileno
12	Ninhue	Cb	B	No	Plano	Rodal de sauce chileno cortado
13	Confluencia	Cb	B	No	Norte	Eucalipto, acacia falsa
14	Santa Juana Km 2	Cb	B	No	Plano	Aroma, álamo, otros sauces
15	Curalí Santa Juana	Cb	B	No	Plano	Álamo, pastos, zarzamora, chacra
16	Las Corrientes Nacimiento	Cb	B	No	Plano	Otros sauces, zarzamora, chacra
17	Fdo Cruz de Piedra Laja	Cb	B	No	Plano	Pastos y álamo
18	Rio Claro- Yumbel	Cb	B	No	Plano	Otros sauces
19	Camino Yumbel	Cb	B	No	Plano	Pastos

*Cb: Curvo bifurcado

**B: Buena

***Álamo (*Populus sp.*), sauce mimbre (*Salix viminalis*), maqui (*Aristotelia chilensis*), totora (*Typha angustifolia*), zarzamora (*Rubus ulmifolius*), eucalipto (*Eucalyptus sp.*), acacia falsa (*Robinia pseudoacacia*), maitén (*Maytenus boaria*), otros sauces (*Salix sp.*), espino (*Acacia caven*), aroma (*Acacia dealbata*).

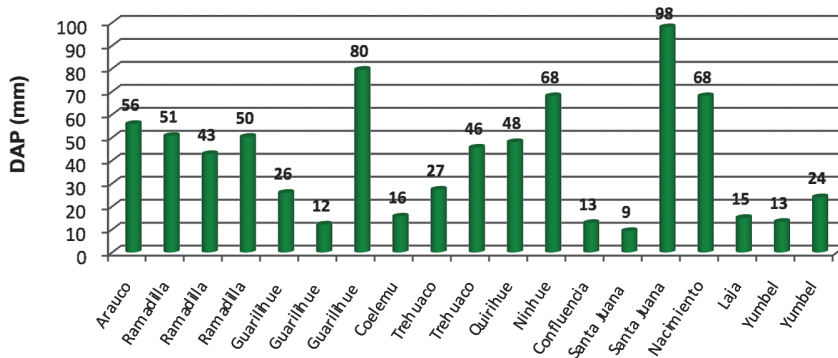


Figura N° 8
DAP EN SAUCE CHILENO CRECIENDO EN LA REGIÓN DEL BIOBIO

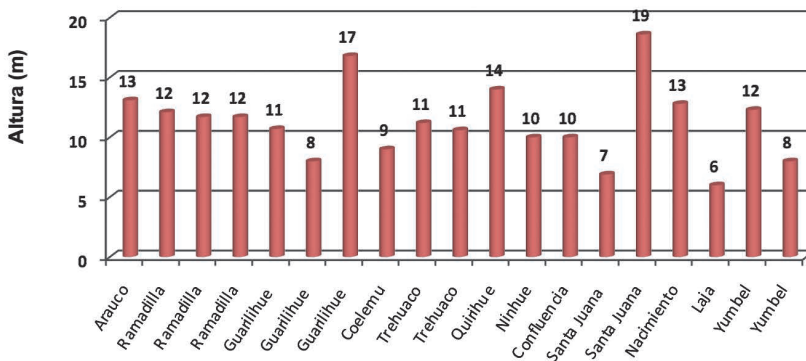


Figura N° 9
ALTURA EN SAUCE CHILENO CRECIENDO EN LA REGIÓN DEL BIOBIO

En la Figura N° 10 se muestra una tendencia en la relación DAP – Altura de acuerdo a la información reunida.

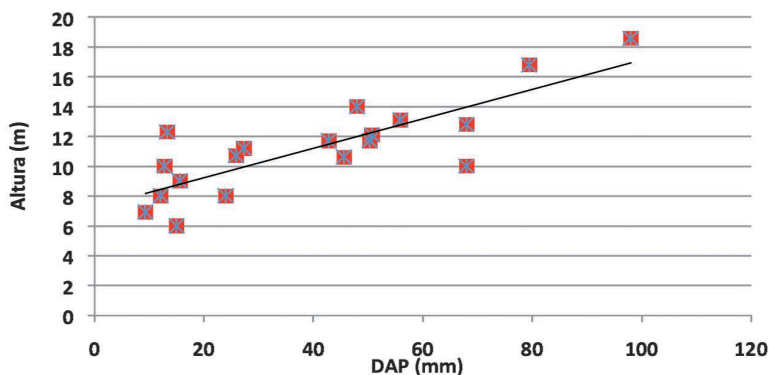


Figura N° 10
RELACIÓN DAP-ALTURA EN INDIVIDUOS DE SAUCE CHILENO CRECIENDO EN LA REGIÓN DEL BIOBIO

Una buena apreciación de la variabilidad encontrada en los ejemplares, en materia de DAP, altura, diámetro de copa, número de fustes y otros aspectos se puede obtener en las fotos de los ejemplares seleccionados y medidos que son incluidas a continuación.



Árbol 1: Arauco



Árbol 2: Ramadilla



Árbol 3: Ramadilla



Árbol 4: Ramadilla



Árbol 5: Guarilhue Alto



Árbol 6: Guarilhue Alto



Árbol 7: Guarilhue Bajo



Árbol 8: Coelemu



Árbol 9: Trehuaco



Árbol 10: Trehuaco



Árbol 11: Quirihue



Árbol 12: Ninhue



Árbol 13: Confluencia



Árbol 14: Santa Juana



Árbol 15: Santa Juana



Árbol 16: Nacimiento



Árbol 17: Laja



Árbol 18: Yumbel



Árbol 19: Yumbel

En general los resultados señalan un crecimiento interesante, con hábito arbóreo, DAP de hasta 10 cm y altura hasta unos 18 m, en ejemplares individuales. Desafortunadamente no es posible obtener información sobre el desempeño de la especie en rodales uniformes, dado que se la encuentra aislada o en formaciones en las que participan otras especies nativas o exóticas. Sin embargo, esta información permite pensar en interesantes perspectivas para su uso en plantaciones, con regímenes de manejo intensivo en monte alto y posteriormente en monte bajo, con distintos períodos de rotación y con diferentes fines productivos, investigación que INFOR se propone iniciar en el corto plazo.

En diferentes lugares del mundo especies de *Salix* son empleadas en plantaciones comerciales de alto rendimiento, manejadas en monte bajo, principalmente en suelos agrícolas, para el abastecimiento de biomasa para centrales energéticas locales de producción combinada de energía térmica y eléctrica.

En Suecia, por ejemplo, se cultivan actualmente unas 20.000 hectáreas de sauces¹ en plantaciones bajas de corta rotación, compuestas principalmente de diferentes clones e híbridos de *Salix viminalis*, *S. dasyclados* y *S. schwerinii*. El cultivo del sauce está totalmente mecanizado desde la plantación hasta la recolección. En la fase inicial, se plantan unos 15.000 esquejes por hectárea en dobles filas, para facilitar la fertilización y recolección. La producción aproximada de biomasa de sauce cultivado comercialmente en Suecia es de unas 6 a 12 t/ha/año, según las condiciones del terreno.

En Chile, con *S. viminalis* para producción de mimbre para cestería (Región de O'Higgins) se han obtenido rendimientos de hasta 12 tMS/ha/año. El poder calorífico determinado para maderas y cortezas de distintas procedencias varía entre 3,91 a 4,36 kcal/g (Durán, 1998).

¹ <http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/biblos/JS%202009/Trabajos/2%20Trabajos%20Tecnicos/21%20Utilizaci%F3n%20ambiental/Bustamante1.pdf>

Recientes estudios realizados por INFOR concuerdan con estos valores, obteniendo para el poder calorífico un valor de 4,3 kcal/g, lo que confirma la aptitud de esta especie para su uso en la generación de energía (Pinilla y Navarrete, 2011).

Estos resultados obtenidos en Chile concuerdan con el rango superior de los rendimientos obtenidos en Suecia, tanto en materia seca como en poder calorífico, lo que confiere una particular relevancia al desarrollo de una fuerte línea de investigación en torno a la silvicultura y utilización de sauces en Chile y, en especial, en lo que se refiere a sauce chileno, único *Salix* nativo, que presenta una adaptación natural a diferentes condiciones en el país.

Estudios previos de INFOR señalan que la relación obtenida peso verde – peso seco en diversas especies de *Salix* es de aproximadamente un 55%, es decir 1 t en peso verde dará 0,55 t en materia seca (MS) (Pinilla y Navarrete, 2011).

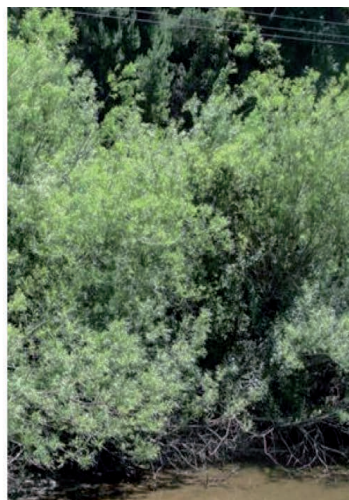
Estimación del Rendimiento de la Especie en Biomasa Verde

Como se indicó anteriormente, dada la interesante perspectiva de uso de la especie para fines energéticos, se seleccionaron 15 ejemplares en diferentes sectores (Cuadro N° 2) para estimar su rendimiento en biomasa verde.

Con el fin de facilitar una buena apreciación de las características de los ejemplares utilizados para la estimación de biomasa se incluye a continuación la fotografía de estos individuos de *Salix humboldtiana* y de los trabajos realizados con ellos.



Árbol 1 : Santa Juana



Árbol 2: Santa Juana



Árbol 3: Santa Juana



Árbol 4: Nacimiento



Árbol 5: Nacimieto



Árbol 6 y 7: Trintre



Árbol 8: Yumbel



Árbol 9: Laja



Árbol 10: Yumbel



Árbol 11: Confluencia



Árbol 12: Confluencia



Árbol 13: Confluencia



Árbol 14: Confluencia



Árbol 15: Quirihue



Volteo para Toma de Muestras



Volteo para Toma de Muestras



Trozado



Muestras



Pesaje

Los resultados obtenidos en la estimación de biomasa verde son presentados en los Cuadros N° 5 y N° 6, incluyendo la descripción de los ejemplares, el sector en cada caso y el peso en biomasa obtenido.

Cuadro N° 5
ARBOLES MEDIDOS PARA LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA

N°	Nombre	Forma	Sanidad	Flores	Exposición
1	Santa Juana 1	Curvo	Buena	Masculina	Plano
2	Santa Juana 2	Curvo	Buena	No	Plano
3	Santa Juana 2	Curvo	Buena	Masculina	Este
4	Sta Juana - Nacimiento	Curvo	Buena	Femenina	Plano
5	Sta Juana - Nacimiento	Curvo	Buena	Masculina	Plano
6	Trintre	Curvo	Buena	Femenina	Plano
7	Trintre	Curvo	Buena	Femenina	Plano
8	Yumbel - Laja	Curvo	Buena	No	Norte
9	Yumbel - Laja	Curvo	Buena	Masculina	Norte
10	Yumbel	Curvo	Buena	Femenina	Plano
11	Confluencia	Curvo	Buena	Femenina	Plano
12	Confluencia	Curvo	Buena	Femenina	Plano
13	Confluencia	Curvo	Buena	No	Plano
14	Confluencia	Curvo	Buena	Femenina	Plano
15	Cruce Quirihue	Curvo	Buena	Femenina	Plano

Cuadro N° 6
VARIABLES DE LOS ÁRBOLES Y PESO BIOMASA VERDE OBTENIDO

N°	Nombre	Edad aprox. (Años)	Altura (m)	Altura Inicio Copa (m)	Diámetro (cm)		Diámetro de Copa (m)				Peso Verde (kg)
					1,3 m	2,3 m	E	O	N	S	
1	Santa Juana 1	5	5,60	3,30	7,80	5,50	1,10	1,20	1,50	1,30	17,700
2	Santa Juana 2	2	1,80	0,50	3,40	---	1,80	1,20	1,30	1,30	1,385
3	Santa Juana 2	3	4,10	0,80	3,20	2,00	1,60	3,00	0,30	1,10	2,455
4	Sta Juana - Nacimiento	5	5,50	1,50	6,30	5,00	1,80	0,50	0,70	1,20	10,705
5	Sta Juana - Nacimiento	5	4,90	1,30	5,80	4,00	1,20	1,00	1,30	0,90	8,705
6	Trintre	9	7,30	3,90	7,00	6,30	2,00	1,40	2,80	0,60	13,535
7	Trintre	7	5,50	2,50	6,00	4,60	0,70	1,20	2,10	1,60	8,165
8	Yumbel - Laja	5	5,90	3,10	5,20	4,60	2,00	---	---	---	5,630
9	Yumbel - Laja	7	4,90	2,60	5,90	4,80	1,00	---	2,20	0,30	6,830
10	Yumbel	5	4,60	1,90	5,40	3,40	1,40	0,50	3,00	0,50	5,825
11	Confluencia	4	5,40	0,80	5,80	4,50	1,10	1,30	2,30	0,60	6,560
12	Confluencia	5	5,40	0,50	6,80	5,50	0,40	0,90	1,50	1,10	10,095
13	Confluencia	5	5,20	1,40	5,70	4,20	1,60	1,60	1,90	0,00	6,685
14	Confluencia	6	5,60	2,20	6,70	4,80	0,80	2,10	2,20	1,00	9,160
15	Cruce Quirihue	6	5,50	2,30	7,20	6,50	1,00	1,00	2,20	1,00	10,085

La edad estimada se determinó por los anillos de crecimiento, los que se notaban fácilmente en la base del tronco cortado. La selección se basó en el tamaño de los árboles respecto al resto que estaban cerca, método que se usa en la selección de genotipos para el caso de los *Nothofagus*, sin que se necesite tomar la edad para ello.

Estimación del Rendimiento de la Especie en Biomasa Seca

La información obtenida permite establecer algunas relaciones dasométricas preliminares DAP – Biomasa Verde y DAP – Biomasa Seca (Materia Seca), esta última empleando la conversión obtenida por Pinilla y Navarrete (2011) (Biomasa Verde x 0,55 = Biomasa Seca) (Figuras N° 11 y N° 12 y Cuadro N° 7).

También fue posible deducir sobre esta base un modelo predictivo preliminar de peso seco a partir de las variables medidas en los árboles.

$$\text{Log (PS)} = -1,19 + 0,83 * \text{LN (DAP)} + 0,06 * \text{H}$$

Donde: Log (PS): Logaritmo del peso seco (kg)
 LN (DAP): Logaritmo natural del DAP (cm)
 H: Altura (m)

Estadígrafos: N = 15; R² = 0,95 y R² Aj = 0,94

Cuadro N° 7
PESO SECO ESTIMADO POR ÁRBOL SEGÚN DAP

N°	Nombre	DAP (cm)	Peso Seco (kg)
1	Santa Juana 1	7,80	9,73500
2	Santa Juana 2	3,40	0,76175
3	Santa Juana 2	3,20	1,35025
4	Sta Juana-Nacimiento	6,30	5,88775
5	Sta Juana-Nacimiento	5,80	4,78775
6	Trintre	7,00	7,44425
7	Trintre	6,00	4,49075
8	Yumbel-Laja	5,20	3,09650
9	Yumbel-Laja	5,90	3,75650
10	Yumbel	5,40	3,20375
11	Confluencia	5,80	3,60800
12	Confluencia	6,80	5,55225
13	Confluencia	5,70	3,67675
14	Confluencia	6,70	5,03800
15	Cruce Quirihue	7,20	5,54675

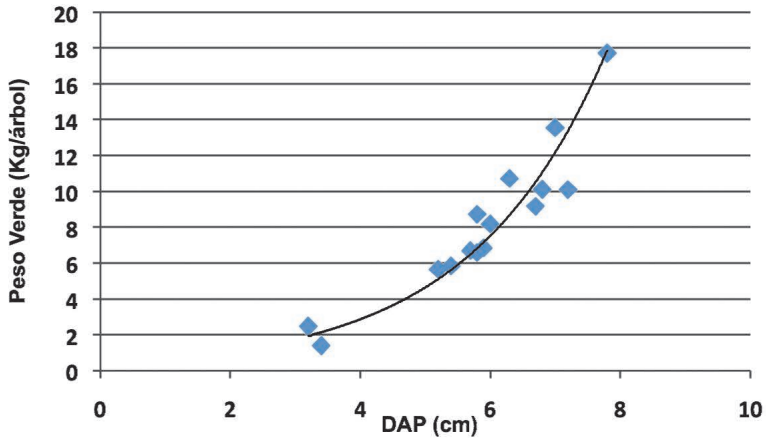


Figura N° 11
RELACIÓN DAP Y BIOMASA VERDE

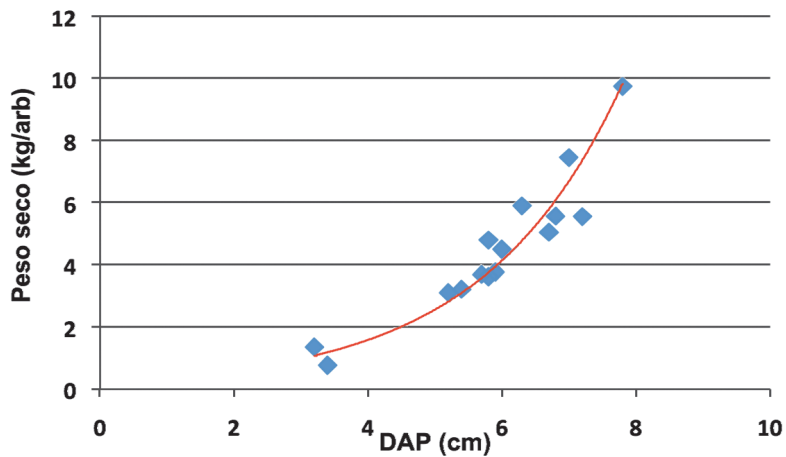


Figura N° 12
RELACIÓN DAP Y PESO SECO

La relación entre la estimación de peso seco mediante el modelo preliminar desarrollado en esta oportunidad y los valores obtenidos del pesaje de biomasa verde, llevados a peso seco mediante la relación de Pinilla y Navarrete (2011) se presenta gráficamente en la Figura N° 13.

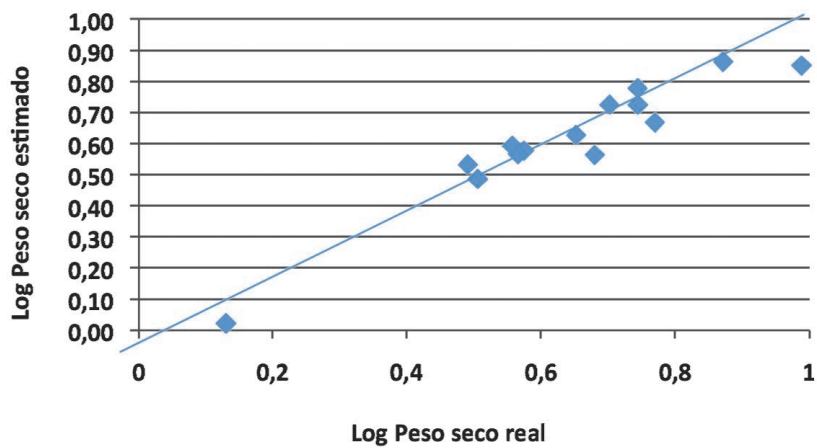


Figura N° 13
RELACIÓN ENTRE PESO SECO REAL Y ESTIMADO

CONCLUSIONES

Los valores obtenidos de árboles individuales indican un interesante potencial de la especie para su uso en plantaciones que, bajo silvicultura intensiva y en suelos adecuados, podrían generar importantes volúmenes de biomasa para uso energético.

La información se obtuvo a partir de situaciones de la especie en un hábito arbóreo, registrando una interesante presencia en la Región. El DAP registrado se situó entre 9 y 10 cm, mientras que la altura registró valores entre 6 y 18 m.

Es interesante observar los valores registrados desde los rodales con *Salix* chileno en sus condiciones actuales, si se considera que la mayoría de estas formaciones evaluadas corresponden a bosques sin manejo ni mejora genética alguna, la información constituye una línea base para ganancias a generar en volumen o biomasa mediante silvicultura, manejo y avances en mejoramiento genético.

Su empleo en plantaciones permitiría además contribuir a recuperar suelos degradados y entregar adecuada información para propuesta de protocolos o normativas de manejo y sus costos.

Los valores medios de peso seco obtenido por árbol señalan valores de 4,5 kg MS/árbol, con un valor máximo de 9,7 kg MS/árbol, registrado en las cercanías de Santa Juana.

Los valores en biomasa obtenidos son similares a los reportados en otros países para estas especies utilizadas en generación de biomasa para energía.

Se requiere evidentemente de mayor información para validar rendimientos en volumen, la cual tendría que ser obtenida de una línea de investigación a mediano plazo, mediante la cual sea establecido un conjunto de plantaciones experimentales en las que se considere al menos una selección de procedencias de la especie, técnicas intensivas de establecimiento de la plantación y diferentes espaciamientos de plantación, para después avanzar hacia el mejoramiento genético a partir de las mejores procedencias.

Paralelamente habría que avanzar también en el desarrollo de modelos predictivos basados en las variables de rodal para la estimación de los rendimientos en biomasa verde y seca por árbol y unidad de superficie.

La información obtenida en el presente trabajo refleja las diversas situaciones en que es posible encontrar al sauce chileno creciendo en forma natural en la Región del Biobío y, aunque se escogió solo sectores en los que estuviera presente en hábito arbóreo, registra una interesante ocurrencia en la Región.

Aun siendo una especie poco conocida o utilizada, se la encuentra frecuentemente asociada a actividades como la agricultura, ganadería, horticultura y otras. Un mayor conocimiento de esta especie respecto de su crecimiento y sus posibles usos podría promover su incorporación como un complemento económico en estas actividades.

Según los antecedentes observados, el *Salix* chileno puede adquirir importancia creciente para el desarrollo de las economías locales y regionales, teniendo la capacidad de complementar la rentabilidad de las pequeñas unidades de producción, mediante el ingreso anual generado por su utilización. No se dispone de datos sobre superficies cultivadas en Chile, sobre todo debido a que al ser un producto básicamente artesanal tiene escaso reflejo en las estadísticas.

Investigaciones desarrolladas por INFOR, complementadas con los resultados obtenidos en este muestro de árboles de *Salix* chileno en la región del Biobío, permiten afirmar que la especie, debidamente cultivada en sitios adecuados, se puede transformar en una interesante alternativa para la producción de energía.

En el presente trabajo se obtuvo valores de 0,9 cm a 9,8 cm para el DAP y de 6 a 18 m para la altura, en tanto que para el peso seco por árbol la media fue de de 4,5 kgMS/árbol a 9,7 kgMS/árbol, registrado este último en la localidad de Santa Juana 1 (Cuadro N° 7).

Estos ejemplares se encuentran en formaciones naturales con densidades y composiciones de especies variables, aunque no son árboles aislados y están en competencia con sus vecinos dentro de estas formaciones. Sobre la base de estos rendimientos en MS/árbol y suponiendo una plantación con fines energéticos a un espaciamiento de 1 m x 1 m, los rendimientos se podrían estimar en 45 a 95 tMS/ha, lo que de acuerdo a las edades de los árboles de Trintre y Santa Juana 1, indicaría incrementos de 6,4 a 19 tMS/ha/año.

Estos rendimientos e incrementos no parecen altos, sin embargo, una plantación con fines energéticos instalada mediante técnicas intensivas de establecimiento, con espaciamiento más reducido, en una corta rotación y con material genético con al menos una selección basal (árboles *plus*), permitiría obtener rendimientos esperables considerablemente mayores.

Evidentemente, el material genético, el espaciamiento y la rotación son variables a definir y evaluar, y esta es una línea de investigación que INFOR espera iniciar a la brevedad.

REFERENCIAS

Abalos, R. M. (ed.), 2002. Silvicultura y producción: sauce-mimbres, *Salix* spp. Proyecto FONDEF/FDI/INFOR/CORFO: Desarrollo Integral del Cultivo y la Industrialización del Sauce – Mimbres. Instituto Forestal, Santiago (Chile); Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Santiago (Chile). INFOR/INTEC. 456 p., col illus., graphs, tables.

Atencia, M., 2003. Densidad de maderas (Kg/m³) ordenadas por nombre común. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. INTI – CITEMA. En: http://www.inti.gov.ar/maderaymuebles/pdf/densidad_comun.pdf (Consulta: 12 de marzo de 2013).

Ball, J., Carle, J. y Del Lungo, A., 2005. Contribución de álamos y sauces a la silvicultura sostenible y al desarrollo rural. *Unasyuva* 221, Vol 56.

Barret, W. y Rial Alberti, F., 1972. Valor de la selección temprana en progenies de sauces. *Día: Suplemento Forestal* N° 7. Pp: 3-8.

Barros, Santiago, 2009. Álamos y Sauces, Las Salicáceas en el Mundo y en Chile. En: *Ciencia e Investigación Forestal*, Vol. 15 N° 2. Instituto Forestal, Chile. P. 243 – 254.

Cerrillo, T., 2009. Panorama de los sauces en Argentina. Avances en el mejoramiento genético y en la identificación. II Jornadas de Salicáceas, Mendoza, 15 de abril de 2009. En: <http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/> (Consulta Marzo 2013).

Chung, P., 2002. Clasificación taxonómica de especies del género *Salix* presentes en Chile. En: *Silvicultura y producción. Sauce mimbres Salix spp / Abalos R., M., Ed...* Pp: 28-55.

Collison, M. E., 1992. The early fossil history of the Salicaceae. *Proc. Roy Soc. Edimb. Sect.B.* 98:144-167.

Comisión Nacional del Álamo de Argentina, 2012. Informe Nacional, Período 2008-201. 45 p.

CONAMA - CONAF, 1997. Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Comisión Nacional de Medio Ambiente y Corporación Nacional Forestal. Chile.

Del Fierro, P.; Pancel, I.; Rivera, H. y Castillo, J., 1998. Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile. CONAF – GTZ, Santiago, Chile, 420 p.

Depetris, C.; Orfeo, O. y Neiff, J. J., 1992. Atenuación del escurrimiento fluvial por bosques de *Tessaria integrifolia*. *Ambiente subtropical* 2: 33-43.

Di Sapio, O. y Gattuso, M., 1994. Caracteres morfoanatómicos de diferentes cortezas de la medicina folklórica argentina. I. *Salix humboldtiana* Willd. (*Salicaceae*). Dominguezia, 10(1):18-26.

Donoso, C., 1978. Dendrología. Árboles y Arbustos Chilenos. Manual N°2. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. 142 p.

Donoso, C., 1981. Tipos Forestales de los bosques nativos de Chile. CONAF/PNUD/FAO. Documento de trabajo N°38. Programa de Investigación y Desarrollo Forestal. Santiago. 82 p. Anexos.

Dorn, R., 1976. A synopsis of American *Salix*. Canadian Journal of Botany, vol. 54.

Durán, C., 1998. Caracterización de *Salix viminalis* acorde a su contenido de extraíbles y capacidad energética total [monografías]. Concepción: Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales, p. 43.

Eckenwalder, J. E., 1996. Systematics and evolution of *Populus*. En: Biology of *Populus* and its Implications for Management and Conservation. National Research Council of Canada. 1996: 7-30, Ed. Por Stettler, Bradshaw, Heilman y Hinckey, Ottawa, Canada.

Gajardo, R., 1994. La Vegetación Natural de Chile: Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria S.A. 1ra ed. Santiago, Chile. 165 p.

Golfari, L., 1958. Condiciones ecológicas del cultivo de las Salicáceas en la Argentina. En: Revista de Investigaciones Agrícolas. T. XII, n° 2, Buenos Aires, Argentina.

Hauenstein, E.; Peña-Cortés, F.; González, M. y Schlatter, R., 2005. Nuevos límites para la distribución de *Salix humboldtiana* Willd., *Salicaceae*, en Chile. Gayana Bot. 62(1):44-46.

Heinsoo, Katrin and Koppel, Andres, 2004. Experiences of sustainable wastewater purification by *Salix* in Estonian small communities. Institute of Zoology and Botany, Estonian Agricultural University, Tartu, Estonia. En: International Poplar Commission (IPC). IPC-2004 Chile. En línea: <http://www.zbi.ee/life/pildid/presentatsioon/Chili.pdf>.

Kuzovkina, Y. y Quigley, M., 2005. Willows beyond wetlands: Uses of *Salix* species for environmental projects. Water, Air, and Soil Pollution. 162: 183–204.

Lamloom, S. H. and Savidge, R. A., 2003. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. Biomass and Bioenergy 25: 381-388.

Larroulet, A.; Résico, C.; Arbeletche, G.; Benmuyal, L. y Bejar, W., 2011. Usos no madereros de *Salix humboldtiana*. En: Los álamos y los sauces junto al paisaje y el desarrollo productivo de la Patagonia. Tercer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina 16 al 19 de Marzo en Patagonia, Neuquén, Argentina. Trabajo Técnico. 9 p.

Liotta, J., 2001. Rasgos biológicos de *Salix humboldtiana* Willd y régimen de pulsos de inundación. Interciencia 26(9): 397-403. Presencia N°53 Pp: 13-15.

Martini, F. y Paiero, P., 1988. I Salici D'Italia. Guida al riconoscimento e all'utilizzazione pratica. Edizioni LINT Trieste; Italia.

MINSAL, 2009. MHT. Medicamentos Herbarios Chilenos. 103 especies vegetales 231pp. Ministerio de Salud de Chile. En línea:
<http://www.redsalud.gov.cl/portal/url/item/7d97b17d7fbaa351e04001011f0103f2.pdf>. (Consulta Marzo 2003).

Need, M., 1984. Flora de Veracruz. *Salicaceae*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz, México. Fascículo 24. 24 p.

Neiff, J. 1986. Las grandes unidades de vegetación y ambiente insular del río Paraná en el tramo Candelaria-Itá Ibaté. Rev. Asoc. Cien. Nat. Lit. 17:7-30.

Neiff, J.; Reboratti, H.; Gorleri, M. y Basualto, M. 1985. Impacto de las crecientes extraordinarias sobre los bosques fluviales del Bajo Paraguay. Bol. Com. Espec. Río Bermejo 4, Cámara de Diputados de la Nación. Buenos Aires, Argentina. Pp:13-30.

Niiyama, K., 1990. The role of seed dispersal and seedling traits in colonization and coexistence of *Salix* species in a seasonally flooded habitat. Ecol, Res. 5: 317-331.

Peña, R., 2008. Estandarización en propóleos: Antecedentes químicos y biológicos. Cien. Inv. Agr. 35(1): 17-26.

Pinilla, J. C. y Navarrete, M., 2011. Informe Técnico Proyecto 1: Desarrollo productivo de los bosques, de la industria forestal y fomento del uso de la madera. Promoción del uso dendroenergético de los productos forestales madereros, el caso de *Acacia dealbata* y *Salix sp.* Informe de proyecto Ministerio de Agricultura de Chile. Instituto Forestal, Sede Biobío, Chile. 50 p.

Ragonese, A., 1989. Fitotecnia en sauces. En: Actas Primeras Jornadas sobre Silvicultura y Mejoramiento del Género *Salix*, CIEF. Trabajo Invitado. Noviembre 1989, Buenos Aires, Argentina.

Rodriguez, R.; Matthei, O. y Quezada M., 1983. Flora Arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción, Chile. 408 p.

Rodriguez, M., 1999. Arqueobotánica de Quebrada Seca 3 (Puna Meridional Argentina): Especies vegetales utilizadas en la confección de artefactos durante el Arcaico. Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología. Buenos Aires, Argentina. 24:159-185.

SAyDS, 2004. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Atlas de los bosques nativos argentinos 2003. Dirección de Bosques. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085. Buenos Aires, Argentina. 243 p.

Vázquez-Yanes, C.; Batis, A.; Alcocer, M.; Gual, M. y Sánchez, C., 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.





INFOR

