PANORAMA DE LA ANATOMÍA SISTEMÁTICA DE LA MADERA EN CHILE

MIGUEL GÓMEZ, CINDY SALAZAR Y GLORIA MONTENEGRO

Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas,
Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile.
e-mail: mgomezu@genes.bio.puc.cl

Resumen: La flora leñosa de Chile presenta un interesante panorama para el estudio de la anatomía sistemática de la madera debido a sus peculiaridades: presencia de especies con distribución latitudinal amplia o estrecha, especies de gran longevidad, géneros de amplia distribución en América y con límite de distribución meridional en Chile, géneros de distribución disyunta, géneros endémicos, familias monogénicas, géneros monoespecíficos y géneros que requieren de una revisión taxonómica. Los estudios vinculados con el tema de este simposio, en Chile son escasos y no hay científicos cuya área de especialización sea la anatomía sistemática de la madera. Sin embargo, existe la potencialidad de realizar investigación en este campo de la botánica y la necesidad de promover la formación y el intercambio de profesionales relacionados con esta materia. Para lograrlo se requiere de la cooperación científica internacional con universidades e institutos de investigación.

Palabras clave: Flora leñosa, Chile, anatomía de la madera, anatomía sistemática.

Abstract. The woody Flora of Chile presents an interesting field for systematic wood anatomy studies due to its peculiar features: presence of species with wide or narrow latitudinal distribution, species with high longevity, genera with wide distribution in America but with their meridional limits in Chile, genera with disjunct distribution, endemic genera, monogeneric families, monospecific genera and genera that need a taxonomic revision. Studies related to the topic of this symposium, in Chile are scarce and there are no scientists specialized on systematic wood anatomy. However, the potentiality exists to do research on this field and it is urgent to promote the scientific formation in this area. To achieve this objective the international cooperation with other universities and research institutions is necessary.

Keywords: woody flora, Chile, wood anatomy, systematic anatomy.

La flora vascular de Chile continental cuenta con 5 105 especies (Marticorena, 1990) pertenecientes a 1 008 géneros y 184 familias (Villagrán e Hinojosa, 1997). Sólo 88 familias, 48% del total, tienen representantes leñosos (apéndice 1). La flora chilena corresponde a una flora con un bajo número de especies si se compara con algunos países considerados megadiversos (cuadro 1) como es el caso de Brasil, Colombia, China, México y Australia. Sin embargo, la flora presenta rasgos únicos que deberían ser importantes para el desarrollo de los estudios en anatomía de la madera. La presente contribución muestra algunas características de la flora leñosa de Chile, sintetiza los diferentes tipos de trabajos anatómicos que se han realizado con especies leñosas nativas y señala la problemática a la que se enfrenta esta disciplina.

Algunas características de la flora leñosa de Chile

Desde los 25° hasta los 39° de latitud sur, Chile presenta un clima de tipo mediterráneo (Montenegro *et al.*, 1989). La zona mediterránea de Chile es junto con California, Sud-África, la cuenca del Mediterráneo y el sur de Australia, una de las cinco áreas de clima mediterráneo que existen en el mundo. En estas cinco áreas habitan alrededor de 48 250 especies de plantas vasculares, equivalente al 20% de la flora mundial, en una superficie menor al 5% del total de la superficie terrestre (Arroyo y Cavieres, 1997).

La zona mediterránea de Chile, con un área de 155 000 km² alberga 2 537 especies vasculares con un alto porcentaje de endemismo, correspondiente a un 46.3% de la flora chilena; además el 23.4% de estas especies son endémicas del área (Arroyo *et al.*, 1995;

Cuadro 1. Diversidad de plantas vasculares en países megadiversos (Montenegro, datos no publicados)

Países	Número de especies
Brasil	55 000
Colombia	45 000
China	30 000
México	26 000
Australia	25 000
Chile	5 105
Número total en el mundo	230 000

Arroyo y Cavieres, 1997). De ellas, aproximadamente un 21% corresponde a especies leñosas con un total de 180 géneros. Sin embargo, se encuentran gravemente amenazadas, debido a que esta región es la que soporta el 80% de la población nacional continental y además es la zona en la cual la agricultura tiene su mayor desarrollo y donde las plantaciones forestales con *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* se encuentran más extendidas (Arroyo y Cavieres, 1997; Montenegro, 1986; Montenegro *et al.*, 1988).

Otra causa importante de perturbación asociada a la acción antrópica se relaciona con los incendios forestales (Araya y Ávila, 1981; Ávila *et al.*, 1981; Ávila *et al.*, 1988; Fuentes y Muñoz, 1995; Muñoz y Fuentes 1989; Villaseñor y Saiz, 1993). Montenegro *et al.* (1996) señalan que la frecuencia de incendios ha aumentado significativamente durante el periodo 1963-1995 en la región central comparada con otras regiones de Chile, haciendo peligrar más aún estos ecosistemas mediterráneos y la supervivencia de sus especies.

Villagrán e Hinojosa (1997) indican que el mayor porcentaje de árboles, arbustos y enredaderas se encuentra distribuido entre los 36° y los 40° de latitud sur, correspondiendo principalmente a la zona de los bosques chilenos. Estos se hallan totalmente aislados del resto de los bosques del mundo por una franja

Cuadro 2. Comparación de taxa entre la flora vascular total de Chile continental y la flora vascular de los bosques chilenos (excepto hierbas), tomado de Villagrán e Hinojosa, 1997

Taxa	Chile	Bosques	Porcentaje
Familias	184	90	48.9
Géneros	1 008	181	17.9
Especies	5 105	401	7.8

continua de clima y vegetación árida que cruza diagonalmente el sur del continente, denominada Diagonal Árida Sudamericana. Debido al aislamiento al que han estado sometidos, su flora tiene un carácter relictual. Al comparar la flora de estos bosques con la flora de Chile continental (cuadro 2), los resultados muestran que en ellos existe una gran riqueza familiar pero una pobreza genérica y específica, que se traduce en la existencia de un alto porcentaje de familias monogénicas y géneros monoespecíficos, denotando una gran antigüedad de la flora y altas tasas de extinción. El análisis de la flora de estos bosques a nivel genérico muestra que el 32% de los géneros (90% de las especies) es endémico, lo que sugiere antigüedad de aislamiento geográfico. Por otro lado, sus disyunciones florísticas, ya sean neotropicales (16.7%) o australasiano (20%) permiten sugerir la historia de aislamiento que presentan.

Si se analizan las especies leñosas de la flora de Chile, se pueden constatar otras peculiaridades importantes como son:

1] Algunas especies muestran amplitudes de distribución muy estrechas (< 5° de latitud), representadas por pequeñas poblaciones discontinuas (Villagrán e Hinojosa, 1997), entre ellas destacan *Beilschmiedia berteriana* (Gay) Kosterm. de la familia Lauraceae; *Gomortega keule* (Mol.) Baillon de la familia Gomortegaceae, monogénica y endémica de Chile; *Pitaria punctata* Mol. de la familia Rutaceae, género monotípico y endémico de Chile; *Nothofagus alessandrii* Esp., especie endémica y considerada una de las más primitivas dentro del género; *Legrandia concinna* (Phil.) Kausel de la familia Myrtaceae, género monotípico y endémico de Chile y *Eucryphia glutinosa* (P. et E.) Baillon, endémica también de Chile (Villagrán y Le-Quesne, 1996).

2] En contraposición algunas especies alcanzan una amplia distribución latitudinal como es el caso de *Nothofagus pumilio* (P. et E.) Krasser (21°), *Drymis winteri* J.R. et G. Foster (20°), *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz (16°), *Rhaphithamnus spinosus* (A.L. Juss.) Mold. (16°), *Schinus polygamus* (Cav.) Cabr. (13°) y *Maytenus boaria* Mol. (13°).

3] Algunos géneros de amplia distribución latitudinal en el continente americano, tienen su límite de distribución meridional en Chile, como son los géneros *Podocarpus*, *Prosopis*, *Escallonia*, *Baccharis*, *Berberis*, *Hydrangea* y *Ribes*.

4] Existen también algunos géneros con un gran número de especies como *Neoporteria* (59 spp.), *Ber-*

beris (50 spp.), *Baccharis* (42 spp.), *Copiapo* (40 spp.) y *Escallonia* (26 spp.), por mencionar algunos, que además requieren de una revisión taxonómica.

5] Existen especies arbóreas de gran longevidad como *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Ser. et Bizz. y *Fitzroya cupressoides* (Mol.) Johnston, la última considerada una de las más longevas con 3 600 años (Lara y Villalba, 1993).

La flora insular chilena representada por la Isla de Pascua y el Archipiélago de Juan Fernández también se caracteriza por el elevado endemismo y por la fragilidad ecológica de sus ecosistemas, que ponen en peligro la supervivencia de las especies de sus comunidades vegetales. Desgraciadamente estas islas no sólo comparten las características enunciadas sino que además, en ambas, existieron especies hoy extintas, *Santalum fernandezianum* F. Phil., árbol de madera aromática, que se extinguió durante el siglo pasado y *Sophora toromiro* (Phil.) Skottsb., árbol de madera muy dura, que se encuentra extinto en la isla, pero con algunos ejemplares en Chile continental y en Europa, de los cuales se han comenzado a reintroducir en las islas.

Lamentablemente como en todos los países, en Chile existen numerosas especies leñosas con problemas de conservación, enumeradas dentro de las distintas categorías que aparecen en el *Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile* (Benoit, 1989).

Teniendo en cuenta todo lo enunciado anteriormente, se puede concluir que la flora vascular de Chile a pesar de contar con un reducido número de especies en comparación con los grandes centros de diversidad florística mundial, presenta algunas características que la hacen singular y de gran interés taxonómico (alto porcentaje de endemismo; boques con carácter relictual; familias monogénicas y géneros monoespecíficos; especies con distribución latitudinal muy estrecha o muy amplia; géneros de amplia distribución latitudinal en el continente americano y con su límite de distribución meridional en Chile y especies de gran longevidad). Estas características deberían motivar el interés por estudiar nuestra flora leñosa a través de la anatomía de la madera y sus diferentes enfoques.

Estudios anatómicos de la madera

Una revisión de la bibliografía relacionada con el tema (anexo 2) permitió establecer que las principales publicaciones chilenas que tratan sobre diferentes aspectos de la anatomía de la madera aparecieron a principios de siglo y que la productividad en esta área de la botánica es bastante exigua en Chile. Se debe aclarar que se revisaron esencialmente publicaciones

nacionales y muy pocas internacionales debido a que muchas de ellas no se encuentran disponibles en nuestro país.

El análisis de las publicaciones revisadas refleja que el 70% de ellas están relacionadas con la anatomía descriptiva de la madera, el 16% con la tecnología de la madera, el 8% con la anatomía sistemática y el 6% con dendrocronología (cuadro 3). Los trabajos sobre la relación anatomía sistemática son de autores extranjeros publicadas en revistas o libros extranjeros. Sin embargo, teniendo en cuenta que de las descripciones anatómicas de la madera se pueden extraer datos con objeto de hacer comparaciones entre especies de un mismo género o entre géneros de una misma familia, podría considerarse que indirectamente están relacionadas con el tema de este simposium.

Algunas líneas de investigación que se desarrollan o podrían desarrollarse son: construir dendrocronologías como fuente de información para la reconstrucción climática; comparar la anatomía de la madera para determinar diferencias intra e inter específicas entre especies de amplia distribución geográfica dentro de Chile; analizar las heridas y daños ocasionados por el fuego en la madera con objeto de conocer la historia de los incendios en una región determinada; producir descripciones anatómicas de la madera con la finalidad de generar una fuente de datos adicionales para ser incluidos en los trabajos taxonómicos y sistemáticos de las diferentes especies con distribución chilena; identificación de maderas utilizada por culturas precolombinas en sitios arqueológicos; establecimiento de correlaciones entre la estructura de la madera y parámetros ambientales; elaboración de claves en relación a la madera para la identificación de especies leñosas; evaluación de las tendencias ecológicas en la madera con especies de amplia distribución; y estudio de la madera de géneros monoespecíficos o de distribución restringida o disyunta como una manera de aclarar aspectos relacionados con el origen y relaciones de la flora de distintas regiones geográficas.

Cuadro 3. Estudios anatómicos de la madera publicado de 1817 a 1996 sobre especies nativas de Chile, expresados en porcentaje por área de especialización.

Área de especialización	Porcentaje
Anatomía descriptiva	70
Tecnología de la madera	16
Anatomía sistemática	8
Dendrocronología	6

Recursos humanos

La baja producción de artículos generados en Chile en revistas sobre anatomía de la madera, en general se puede explicar por el reducido número de investigadores que se dedican a esta área de la botánica, además de la ausencia de postgrados en las instituciones de educación superior en Chile, cuya área de especialización sea la anatomía o áreas afines. Según el Comité Nacional de Postgrado en Ciencias Vegetales en Chile (1991), las universidades chilenas que tienen programas de postgrado en ciencias vegetales son cinco (cuadro 4). En la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile existe la carrera de Ingeniería de la Madera además de un Programa de Magister en Tecnología de la Madera, pero ambos enfocados a la formación de profesionales para desarrollarse en las áreas relativas a la transformación, utilización y comercialización de la madera. Según el Comité antes señalado, ninguna de ellas cuenta con profesores cuya línea de investigación esté relacionado con la anatomía sistemática. Sin embargo, en algunas universidades hay profesores que trabajan en áreas afines. Por ejemplo, en la Universidad de Chile se están desarrollando investigaciones relacionadas con dendrocronología (Aravena *et al.*, 1994) y con el estudio de maderas fósiles tanto en Chile continental como en la Antártida chilena (Torres, 1983, 1984, 1985; Torres y Rallo, 1981; Torres y Godoy, 1982). En la Pontificia Universidad Católica de Chile se han realizado desde los años 70 investigaciones relacionadas con actividad del cámbium vascular y formación del xilema secundario en especies leñosas del matorral de la zona central de Chile (Ávila *et al.*, 1975, 1978;

Montenegro 1984; Montenegro *et al.*, 1983) y últimamente trabajos relacionados con la descripción anatómica de la madera de especies leñosas nativas, caracterización de la madera de especies utilizadas en la fabricación de celulosa, identificación de las marcas ocasionadas por el fuego en el xilema secundario como una herramienta para reconstruir la historia del fuego y la identificación de maderas encontradas en sitios arqueológicos (Belmonte *et al.*, 1998; Gómez *et al.*, 1995, 1998; Mauseth y Montenegro, 1992; Montenegro *et al.*, 1994). En la Universidad Austral de Chile también se desarrollan estudios sobre la descripción anatómica de especies nativas y sobre dendrocronología (Díaz-Vaz, 1984, 1985, 1986, 1987; Lara y Villalba, 1993).

Colecciones

Una herramienta fundamental para el desarrollo de la anatomía sistemática es contar con colecciones de referencia tanto de muestras de madera como de cortes histológicos. En Chile las colecciones de madera o xilotecas son sólo cuatro, ubicadas en las siguientes instituciones: el Museo de Historia Natural de Chile, la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile, la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas de la Universidad de Concepción y la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile. Las xilotecas cuentan con un reducido número de ejemplares depositados, considerando la flora leñosa del país. Además son pocas las xilotecas registradas internacionalmente. La xiloteca de la Universidad de Concepción (CONCw) cuenta con 310 muestras de madera de árboles y arbustos nativos de Chile.

Cuadro 4. Universidades chilenas con programas de postgrado en ciencias vegetales.

Universidad	Programa
Universidad de La Serena, Facultad de Ciencias	Programa de Magister en Ciencias Biológicas con mención en Ecosistemas Áridos
Universidad de Chile, Facultad de Ciencias	Programa de Doctorado y Magister con especialidad en Botánica
Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ciencias Biológicas	Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas con mención en Ecología
Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas	Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas, área Botánica
Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias, Instituto de Botánica	Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas y Magister en Ciencias con mención en Botánica

Conclusiones

Una reflexión sobre los antecedentes de la flora leñosa de Chile y sus características en relación a los estudios sobre la anatomía de la madera, en particular la anatomía sistemática permite concluir que existen pocos profesionales cuya área de especialización esté relacionada directamente con el estudio de la anatomía madera; no existen programas de postgrado que permitan una especialización de nuevos investigadores en esta área de la botánica y los investigadores que participan en ellos tienen otras áreas de investigación. Las publicaciones relacionadas directamente con el estudio de la anatomía sistemática no se producen en Chile, éstas provienen generalmente de otros países. Las investigaciones que se realizan en Chile sobre anatomía de la madera incluyen caracterización de la madera de especies nativas, dendrocronología, paleobotánica y tecnología de la madera. Las xilotecas en Chile son pocas y con escasos ejemplares.

Sin embargo, esta síntesis de los trabajos sobre anatomía de la madera unida a las peculiaridades de la flora leñosa de Chile muestra la potencialidad de realizar estudios en esta área de la botánica. Por ello se considera necesario promover la formación y el intercambio de profesionales relacionados con el estudio de la madera, para lo cual se requiere la cooperación científica internacional con universidades e institutos vinculados con el tema, tanto de América Latina como del resto del mundo. Los resultados de esta cooperación deberían ayudar a dilucidar muchas interrogantes acerca del origen y relaciones de nuestra flora con la de otras regiones del continente y del mundo en general.

Literatura citada

- Aravena J.C., Le-Quesne C., Jiménez H., Hinojosa F. y Peña C. 1994. Estudio de un rodal de *Austrocedrus chilensis* en la reserva nacional de río Clarillo (antecedentes preliminares). CONAF. Santiago, Chile. 15 p.
- Araya S. y Ávila G. 1981. Rebrote de arbustos afectados por fuego en el matorral chileno. *Anales del Museo de Historia Natural Valparaíso* 14:107-113.
- Arroyo M., Cavieres L., Marticorena C. y Muñoz M. 1995. Convergence in the Mediterranean floras in Central Chile and California: insights from comparative biogeography. En: Arroyo M., Zedler P., y Fox M. (Eds.) *Ecology and biogeography of Mediterranean ecosystems in Chile, California and Australia*. Springer-Verlag, New York. 43-88.
- Arroyo M.K. y Cavieres L. 1997. The Mediterranean type-climate Flora of Central Chile. What do we know and how can we assure its protection? *Noticiero de Biología* 5: 48-56.
- Ávila G., Aljaro M.E., Araya S., Montenegro G. y Kummorow J. 1975. The seasonal cambium activity of Chilean and Californian shrubs. *American Journal of Botany* 62:473-478.
- Ávila G., Rivera O. y Montenegro G. 1978. Estudio morfológico en raíces de algunos arbustos del matorral chileno. *Medio Ambiente* 3: 31-39.
- Ávila G., Aljaro M.E. y Silva B. 1981. Observaciones en el estrato herbáceo del matorral después del fuego. *Anales del Museo de Historia Natural Valparaíso* 14:99-105.
- Ávila G., Montenegro G. y Aljaro M.E. 1988. Incendios en la vegetación mediterránea. En: Fuentes E. y Prenafreta S. (Eds.) *Ecología del paisaje de Chile Central*. Ediciones de la Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 81-89.
- Belmonte E., Bastías E., Gómez M., Mujica A.M. y Montenegro G. 1998. Determinación taxonómica de fragmentos de madera de contexto funerario de la cultura Chinchorro. Libro de Resúmenes. III Congreso Mundial de Estudios sobre Momias.
- Benoit I. 1989. *Libro rojo de la flora terrestre de Chile*. 2ª. edición. CONAF., Santiago, Chile. 158 p.
- Comité Nacional de Postgrado en Ciencias Vegetales en Chile. 1991. Programas de postgrado en ciencias vegetales en las universidades chilenas. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica-CONICYT. Santiago, Chile. 172 p.
- Díaz-Vaz J. 1984. *Araucaria araucana*. Descripción anatómica. *Bosque* 5:117-118.
- Díaz-Vaz J. 1985. Ciprés de la cordillera *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Ser. et Bizz. Cupressaceae. *Bosque* 6:47-48.
- Díaz-Vaz J. 1986. Anatomía de madera de *Podocarpus nubi-gena* Linde. Cupressaceae. *Bosque* 7:57-58.
- Díaz-Vaz J. 1987. Anatomía de madera de *Nothofagus dom-beyi* (Mirbel.) Oerstedt. *Bosque* 8:63-65.
- Fuentes E. y Muñoz M. 1995. The human role in changing landscapes in Central Chile: implications for intercontinental comparisons. En: Arroyo M., Zedler P., y Fox M. (Eds.) *Ecology and biogeography of Mediterranean ecosystems in Chile, California and Australia*. Springer-Verlag, New York. 401-417.
- Gómez M., Torrealba I. y Montenegro G. 1995. Anatomical features of the wood of two species of *Nothofagus* genus. *International Association of Wood Anatomists Journal* 16:26.
- Gómez M., Belmonte E., Mujica A.M. y Montenegro G. 1998. Origen y uso de la madera utilizada por la cultura Chinchorro en sus ritos funerarios. Libro de Resúmenes. VII Congreso Latinoamericano de Botánica. México. 154.
- Lara A. y Villalba R. 1993. A 3,620-year temperature record from *Fitzroya cupressoides* tree rings in southern South America. *Science* 260:1104-1106.
- Marticorena C. 1990. Contribución a la estadística de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica* 47:85-113.
- Mauseth J.D. y Montenegro G. 1992. Secondary wall ingrowths

- on vessel elements in *Ombrophytum subterraneum* (Balanophoraceae). *American Journal of Botany* **70**:436-438.
- Montenegro G. 1984. *Anatomía de especies vegetales autóctonas de la Zona Central*. Editorial de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 154 p.
- Montenegro G. 1986. Potencial de uso, capacidad y velocidad de regeneración de especies vegetales de ecosistemas áridos-andinos de Chile. *Ambiente y Desarrollo* **2**:147-153.
- Montenegro G., Ávila G. y Schatte P. 1983. Presence and development of lignotubers in shrubs of the Chilean matorral. *Canadian Journal of Botany* **61**:1804-1808.
- Montenegro G., Aljaro M.E., Ávila G. y Mujica A.M. 1988. Las formas de las plantas y su potencial como recursos. En: Fuentes E. y Prenafreta S. (Eds.). *Ecología del paisaje de Chile Central*. Ediciones de la Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 65-80.
- Montenegro G., Ávila G., Aljaro M.E., Osorio R. y Gómez M. 1989. Chile. En: Orshan G. (Ed.). *Plant phenomorphological studies in Mediterranean-type ecosystems*. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. pp. 347-387.
- Montenegro G., Gómez M. y Torrealba I. 1994. Caracterización morfológica de las fibras y vasos xilemáticos de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*. Informe para Forestal e Industrial Santa Fé. S.A. 220 p.
- Montenegro G., Ginocchio R. y Segura A. 1996. Effect of global change on natural ecosystems: matorral of Central Chile as a case study of global change through effect of fire and UV-B radiation. IAI Fire Workshop. Oregon. 5777 p.
- Muñoz M y Fuentes E. 1989. Does fire induce shrub germination in the Chilean matorral? *Oikos* **56**:117-181.
- Torres T. 1983. Maderas fósiles, testigos del pasado. *Revista Creces* 16-22.
- Torres T. 1984. *Nothofagoxylon antarcticus*. Madera fósil del terciario de la isla rey Jorge, Antártica. *Serie Científica INACH* **31**:39-52.
- Torres T. 1985. Flora fósil de alrededores de Punta Suffield, isla rey Jorge, Antártica. *Boletín Antártico Chileno* **4**:1-7.
- Torres T. y Godoy E. 1982. Hallazgo de *Palmoxylon chilensis* del cretácico superior en Huechún. Actas III Congreso Geológico Chileno. 302-320.
- Torres T. y Rallo M. 1981. Anatomía de troncos fósiles de Pichasca en el norte de Chile. Anais II Congreso Latinoamericano de Paleontología. Tomo III: 385-398.
- Villagrán C. e Hinojosa F. 1997. Historia de los bosques de Sudamérica, II. Análisis fitogeográfico. *Revista Chilena de Historia Natural* **70**:241-267.
- Villagrán C. y Le-Quesne C. 1996. El interés biogeográfico-histórico de Chile central-sur: ¿por qué debemos conservar su biota? En: Muñoz M., Núñez H. y Yáñez J. (Eds.). *Libro rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica en Chile*. Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 160-172.
- Villaseñor R. y Sáiz F. 1993. Incendios forestales en el parque nacional La Campana, sector Ocoa, V región de Chile. Efectos sobre el estrato arbustivo-arbóreo. *Anales del Museo de Historia Natural Valparaíso* **21**:15-26.

Apéndice 1. Familias de la flora vascular de Chile continental que presentan especies leñosas

Aextoxicaceae	Ephedraceae	Nolanaceae
Ampelidaceae	Ericaceae	Onagraceae
Anacardiaceae	Eucryphiaceae	Oxalidaceae
Apocynaceae	Euphorbiaceae	Papilionaceae
Araliaceae	Fagaceae	Phytolaccaceae
Araucariaceae	Flacourtiaceae	Plantaginaceae
Asclepiadaceae	Frankeniaceae	Plumbaginaceae
Asteraceae	Geraniaceae	Podocarpaceae
Berberidaceae	Gesneriaceae	Polygalaceae
Bignoniaceae	Gomortegaceae	Portulacaceae
Boraginaceae	Haloragaceae	Proteaceae
Buddlejaceae	Heliotropiaceae	Rhamnaceae
Cactaceae	Hydrangeaceae	Rosaceae
Caesalpiniaceae	Hydrocotylaceae	Rubiaceae
Calyceraceae	Icacinaceae	Rutaceae
Campanulaceae	Lardizabalaceae	Salicaceae
Capparaceae	Lauraceae	Sapindaceae
Caprifoliaceae	Leptospermaceae	Sapotaceae
Caricaceae	Linaceae	Saxifragaceae
Caryophyllaceae	Loasaceae	Scrophulariaceae
Celastraceae	Lobeliaceae	Solanaceae
Chenopodiaceae	Loranthaceae	Sterculiaceae
Coriariaceae	Malphiaceae	Thymelaeaceae
Cornaceae	Malvaceae	Urticaceae
Cruciferae	Mimosaceae	Verbenaceae
Cunoniaceae	Monimiaceae	Violaceae
Cupressaceae	Moraceae	Winteraceae
Desfontaineaceae	Myricaceae	Zygophyllaceae
Empetraceae	Myrtaceae	
Epacridaceae	Myzodendraceae	

Apéndice 2. Bibliografía relacionada con el estudio de la anatomía de la madera de especies nativas, revisada para esta compilación y ordenada cronológicamente.

- Scala A. 1917. Contribución al estudio histológico de la flora chilena. *Revista Chilena de Historia Natural* **21**:127-136.
- Scala A. 1918. Contribución al estudio histológico de la flora chilena. *Revista Chilena de Historia Natural* **22**:33-39.
- Scala A. 1918. Contribución al estudio histológico de la flora chilena. *Revista Chilena de Historia Natural* **22**:129-138.
- Scala A. 1920. Contribución al estudio histológico de la flora chilena. *Revista Chilena de Historia Natural* **24**:73-78.
- Scala A. 1921. Contribución al estudio histológico de la flora chilena. *Revista Chilena de Historia Natural* Tomo **25**:225-232.
- Scala A. 1925. Contribución al estudio histológico de la flora chilena. *Revista Chilena de Historia Natural* Tomo **29**:52-57.
- Maldonado E. 1925. Contribución al estudio de la industria maderera y bosque chilenos. *Revista Chilena de Historia Natural* **29**:70-131.
- Scala A. 1929. Contribución al estudio histológico de la flora chilena. *Revista Chilena de Historia Natural* Tomo **33**:257-268.
- Scala A. 1932. El sistema tanífero del leño y su importancia para la determinación de las maderas. *Revista Chilena de Historia Natural* Tomo **36**:1-4.
- Krassa S. y Siebenschlein R. 1931. Informe para el conocimiento de la celulosa de maderas chilenas. Verhandlungen des Deutschen Wissenschaftlichen Vereins zu Santiago de Chile. Tomo 1:197-211.
- Ibañez J. 1936. El análisis capilar aplicado a la identificación de las maderas. *Revista Chilena de Historia Natural* Tomo **40**:283-287.

- Ibañez J. y Flores O. 1937. El análisis capilar aplicado a la identificación de las maderas y la observación de éstas. *Revista Chilena de Historia Natural* Tomo 41:97-106.
- Toricelli E. 1937. *Estudio anatómico de las maderas chilenas*. Soc. Imp. y Lito. Universo. Santiago, Chile. 114 p.
- Wegemann W. 1949. *Maderas chilenas, contribución a su anatomía e identificación*. De Lilloa, Tomo XVI. Tucumán, Argentina
- Tainter F. 1968. *La identificación microscópica de las maderas comerciales chilenas*. Montana Forest and Conservation Experiment Station, School of Forestry, University of Montana, Missoula. 28 p.
- Avila G. Aljaro M.E. Araya S. Montenegro G. y Kummorow J. 1975. The seasonal cambium activity of Chilean and Californian shrubs. *American Journal of Botany* 62:473-478.
- Avila G. y Aljaro M.E. 1977. Análisis comparativo de la actividad del cámbium vascular en tallos y raíces de Colliguaja odorífera Mol. *Medio Ambiente* 2:3-7.
- Avila G. Rivera O y Montenegro G. 1978. Estudio morfológico en raíces de algunos arbustos del matorral chileno. *Medio Ambiente* 3:31-39.
- Díaz-Vaz J. 1979. Claves para la identificación de las maderas de árboles nativos y cultivados en Chile. *Bosque* 3:11-27.
- Araya S. y Avila G. 1981. Rebrote de arbustos afectados por fuego en el matorral chileno. *Anales Museo Historia Natural Valparaíso* 14:107-113.
- Torres T. y Rallo M. 1981. Anatomía de troncos fósiles de Pichasca en el norte de Chile. Anais II Congreso Latinoamericano de Paleontología. Tomo III: 385-398.
- Torres T. y Godoy E. 1982. Hallazgo de *Palmoxylon chilensis* del cretácico superior en Huechún. Actas III Congreso Geológico Chileno. 302-320.
- Cuevas E. 1983. Maderas chilenas de interés en el comercio internacional. Documento de trabajo No. 48. CONAF/PNUD/FAO/CHI/76/003. 77 p.
- Díaz-Vaz J. 1983. *Fitzroya cupressoides* (Mol.) Johnston, descripción anatómica. *Bosque* 5:47-49.
- Díaz-Vaz J. 1983. *Araucaria araucana*, descripción anatómica. *Bosque* 5:117-118.
- Donoso C. 1983. *Árboles nativos de Chile*. Guía de reconocimiento. Colección Naturaleza de Chile Vol. I. Editorial Alborada. Valdivia, Chile. 116 p.
- Montenegro G. Ávila G. y Schatte P. 1983. Presence and development of lignotubers in shrubs of the Chilean matorral. *Canadian Journal of Botany* 61:1804-1808.
- Pérez M. 1983. *Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas*. Documento de Trabajo No. 47. CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003. 451 p.
- Rodríguez R. Matthei O y Quezada M. 1983. *Flora arbórea de Chile*. Editorial de la Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 408 p.
- Torres T. 1983. Maderas fósiles, testigos del pasado. *Revista Creces* 16-22.
- Montenegro G. 1984. *Anatomía de especies vegetales autóctonas de la Zona Central*. Editorial de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 154 p.
- Torres T. 1984. *Nothofagoxylon antarcticus*. Madera fósil del terciario de la isla rey Jorge, Antártica. *Serie Científica IN-ACH* 31:39-52.
- Díaz-Vaz J. 1985. Ciprés de la cordillera *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Ser. et Bizz. Cupressaceae. *Bosque* 6:47-48.
- Díaz-Vaz J. 1985. *Pilgerodendron uvifera*, descripción anatómica. *Bosque* 6:123-124.
- Díaz-Vaz J. Devlieger F. Poblete H. y Juancida R. 1985. Maderas comerciales de Chile. Colección Naturaleza de Chile Vol. IV. Editorial Alborada. Valdivia, Chile. 78 p.
- Torres T. 1985. Flora fósil de alrededores de Punta Suffield, isla rey Jorge, Antártica. *Boletín Antártico Chileno* 4:1-7.
- Vásquez F y Díaz-Vaz J. 1985. Fibra revirada de *Cupressus chilensis*. Descripción anatómica. *Bosque* 6:49-50.
- Díaz-Vaz J. 1986. Anatomía de madera de *Podocarpus nubigena* Lindl. Cupressaceae. *Bosque* 7:57-58.
- Díaz-Vaz J. 1986. Anatomía de madera de *Podocarpus saligna* D. Don. Cupressaceae. *Bosque* 7:129-131.
- Díaz-Vaz J. 1987. Anatomía de madera de *Nothofagus dombeyi* (Mirbel.) Oerstedt. *Bosque* 8:63-65.
- Díaz-Vaz J. 1987. Anatomía de madera de *Nothofagus alpina* (P. et E.) Oerstedt. *Bosque* 8:143-145.
- Rijo C. Poblete H. Díaz-Vaz J. Torres M. y Fernández A. 1987. Estudio de algunas características anatómicas, físicas y químicas de *Chusquea culeou* (coligüe). *Bosque* 8:59-61.
- Carlquist S. 1988. Wood anatomy of *Drimys* spp. (Winteraceae) *Aliso* 12:81-95.
- Carlquist S. 1988. *Comparative wood anatomy*. Springer-Verlag. Berlin. 436 p.
- Mauseth J.D. y Montenegro G. 1992. Secondary wall ingrowths on vessel elements in *Ombrophytum subterraneum* (Balanophoraceae). *American Journal of Botany* 70:436-438.
- Lara A. y Villalba R. 1993. A 3620-year temperature record from *Fitzroya cupressoides* tree rings in southern South America. *Science* 260:1104-1106.
- Mauseth J.D. 1993. Medullary bundles and the evolution of cacti. *American Journal of Botany* 80:928-932.
- Aravena J.C. Le-Quesne C. Jiménez H. Hinojosa F. y Peña C. 1994. *Estudio de un rodal de Austrocedrus chilensis en la reserva nacional de río Clarillo* (antecedentes preliminares). CONAF. Santiago, Chile. (manuscrito) 15 p.
- Descalzi M. 1994. Anatomía de la madera de *Prosopis* spp. en masas boscosas de la IV Región. Tesis Ingeniero Forestal. 46 p.

- Gómez M. Torrealba I. y Montenegro G. 1994. Características anatómicas de la madera de dos especies del género *Nothofagus*. Libro de Resúmenes, VI Congreso Latinoamericano de Botánica. La Plata, Argentina. 868.
- Gómez M. Torrealba I. y Montenegro G. 1994. Análisis morfológico de las fibras y vasos xilemáticos de *Eucalyptus globulus* y su influencia en las propiedades del papel. Libro de Resúmenes, IX Congreso Nacional de Botánica. Valdivia, Chile 173 p.
- Gómez M. Torrealba I. y Montenegro G. 1994. Comparación anatómica de la madera de *Nothofagus alpina*, N. dombeyi y N. obliqua. Libro de Resúmenes, XXXVIII Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Chile 215 p.
- Jiménez H. Le-Quesne C. y Aravena C. 1994. Reconstrucción dendrocronológica de la historia de una población de *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Ser. et Bizz. en la cuenca del río Biio-bio, 38° sur, Chile. Libro de Resúmenes, VI Congreso Latinoamericano de Botánica. La Plata, Argentina. 870.
- Lara A. 1984. Situación actual y potencial de la dendrocronología en Chile. Libro de Resúmenes, VI Congreso Latinoamericano de Botánica. La Plata, Argentina. 871.
- Lara A. y Villalba R. 1994. Potencialidad de *Fitzroya curpresoides* para reconstrucciones climáticas durante el Holoceno en Chile y Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural* 67:443-451.
- Le-Quesne C. Aravena C. Jiménez H. e Hinojosa I.F. 1994. Dendrocronología de una población relictica de *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Ser. et Bizz en la Reserva Nacional Río Clarillo, Chile. Libro de Resúmenes, VI Congreso Latinoamericano de Botánica. La Plata, Argentina. 870.
- Ziliani G. 1994. Anatomía de madera y corteza de *Geoffroea decorticans* y *Tipuana tipu*, Fabaceae-Dalbergieae. Libro de Resúmenes, VI Congreso Latinoamericano de Botánica. La Plata, Argentina. 873.
- Gómez M. Torrealba I. y Montenegro G. 1995. Anatomical features of the wood of two species of *Nothofagus* genus. *Intenational Association of Wood Anatomists Journal* 16:26.
- Gómez M. Troncoso A. Elsner A. y Pulido A. 1995. Estudio anatómico de elementos vasculares aislados de la madera de dos especies de *Nothofagus* provenientes de la VII región de Chile. *Avances en Silvicultura. Publicaciones Misceláneas Forestales* 2:41.
- Carlquist S. 1996. Wood, bark and stem anatomy of Gnetales: a summary. *International Journal of Plant Science* 157:58-76.