Variación de la densidad básica de leño en especies de clima templado y húmedo de las Yungas argentinas

Mendoza, Eduardo A.1,2

- ¹ Herbario Fanerogámico-Xiloteca, Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251. (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina.
- ² Laboratorio Climatológico Sudamericano (LCS). San Luis 183. (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina. Autor corresponsal: agustinomen@hotmail.com
- ▶ Resumen Mendoza, Eduardo A. 2015. "Variación de la densidad básica de leño en especies de clima templado y húmedo de las Yungas argentinas". Lilloa 52 (2). Se estudió la variación de la densidad básica de leño (DBL) en tres sectores de bosque de las Yungas argentinas, distribuidos en clima templado y húmedo. Se analizaron datos de 82 especies, representando el 59 % de la composición arbórea con información de DBL conocida hasta la actualidad. El objetivo de este trabajo fue analizar la variación de la DBL media entre los diferentes pisos altitudinales distribuidos en clima templado y húmedo. En selva pedemontana la DBL media fue de 0,594 g.cm⁻³ (SD±0,183). En selva montana fue de 0,544 g.cm⁻³ (SD±0,196), mientras que en bosque montano fue de 0,533 g.cm⁻³ (SD±0,093). De manera regional, la DBL media en el tipo de clima templado y húmedo fue de 0,556 g.cm⁻³ (SD±0,159). En los sitios de estudio la DBL se mostró de manera homogénea. Probablemente, esto se deba a la marcada estacionalidad que impone el tipo de clima a la región. La base de datos de DBL reunida por este trabajo para sectores de bosque subtropical sirve de base para otros estudios, tales como cálculos de carbono y biomasa.

Palabras clave: clima; norte argentino; densidad básica de leño.

➤ Abstract — Mendoza, Eduardo A. 2015. "Variation of the wood specific gravity in tempered and wed climate species of the argentinean Yungas". Lilloa 52 (2). The variation in the wood specific gravity (WSG) was studied in three sectors of argentinean Yungas forest, distributed in tempered and wet climate. Data from 82 species representing 59% of the present tree composition with known WSG information was analyzed. The goal of this study was to analyze the variation in average WSG among different altitudinal floors distributed in tempered and wet climate. The average WSG in premontane subtropical forest was 0,594 g.cm⁻³ (SD±0,183), being . 0,544 g.cm⁻³ (SD±0,196), in subtropical montane moist forest and 0,533 g.cm⁻³ (SD±0,093). in temperate cloud forest At the regional level the average WSG in the temperate and wet climate was 0,556 g.cm⁻³ (SD±0,159). The WSG did not present differences among the studied sites. This could be probably due to the strong seasonality imposed by the region climate. The WSG database gathered in this research for sectors of the subtropical forest may serve as the basis for future studies, carbon and biomass calculations among them.

Keywords: Climate; northern Argentina; Wood Specific Gravity.

INTRODUCCIÓN

La densidad de leño (DL) es un buen indicador de las propiedades físicas y mecánicas de la madera (Panshin y de Zeeuw, 1980). En la literatura se encuentra expresada generalmente como masa de muestra por unidad de volumen. Existen diversos tipos de DL al tener en cuenta el porcentaje de humedad que se emplea en su obtensión (Simpson, 1993). Generalmente se encuentran expresadas al 12% (Tortorelli, 1956; Leonardis, 1975; Dimitri y Biloni, 1973), 15% de humedad (López Zigarán, 1973). En Argentina existen trabajos descriptivos dedicados a las características físico-mecánicas de las especies forestales que reportan DL. Estos trabajos representan a los primeros resultados obtenidos (Tortorelli, 1956; Dimitri y Biloni, 1973; López Zigarán, 1973; Leonar-

Recibido: 09/10/15 - Aceptado: 04/12/15

dis, 1975; Giménez y Moglia, 2003). Sin embargo, estas investigaciones han logrado DL en masa seca por unidad de volumen secado al aire. Un tipo de DL comúnmente usada en ecología es la densidad básica de leño (DBL). La cual puede definirse en función de su masa seca por unidad de volumen verde (Castría, 1981). La DBL puede ser obtenida mediante el empleo de una técnica estándar (Castría, 1981) o bien puede ser estandarizada a partir de DL empleando algoritmos (Harper, 1977; Sallenave, 1971). Solamente de esta forma la DBL podría ser aplicada en estudios de cálculos de carbono y de biomasa en bosques (Brown, 1997; Brown y Lugo, 1992). Sin embargo, debido a la falta de comprensión del concepto de DBL, recientemente se han realizado ensayos de cómo obtenerla correctamente, para ser aplicada en estudios ecológicos (Williamson y Weimann, 2010; Weimann y Williamson, 2013). De esta forma la DBL puede ser empleada en investigaciones relacionadas con la evolución de las plantas, estructura y dinámica de los ecosistemas (Muller-Landau, 2004). Algunos autores han utilizado DBL para estudiar la historia de vida de los árboles (Gelder et al., 2006), otros en bosques del Neotrópico, han mostrado la importancia que tiene la variación de la DBL en estudios filogenéticos (Chave et al., 2006). Easdale et al. (2007) trabajó con DBL en bosques de montaña para relacionar tipos funcionales de plantas, mientras Easdale y Healey (2009) empleó DBL para estudiar morfología y desempeño demográfico. Por otro lado, Carilla y Grau (2011) utilizó DBL como variable de entrada en cálculos de biomasa en bosques estacionales. En las últimas décadas la DBL ha cobrado importancia en estudios de bosques, para considerar estimaciones de reservas de carbono y para cuantificar emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) derivadas de la deforestación (Nogueira et al., 2005).

La relación entre DBL y variables del clima a nivel regional han sido enfocadas mayormente en ambientes de clima templado y tropical. Recientemente Mendoza y Sidán (2014), en sectores de clima subtropical han mostrado la distribución areal que la DBL

mantiene con el clima para el subtrópico argentino. Indicando que es menor en sectores de bosque de clima templado y húmedo que en el clima seco de estepa.

El objetivo de este trabajo es analizar si la DBL experimenta variación entre los distintos pisos altitudinales distribuidos en clima templado y húmedo de la parte subtropical del norte argentino. Para ello se tomaron los datos de angiospermas analizados por Mendoza y Sidán (2014), los que incluyen a especies leñosas y arbustivas de las Yungas argentinas. La hipótesis en la que se basa este estudio es que la DBL podría comportarse de manera homogénea en relación con el tipo de clima.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO Y CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

La DBL se estudia en el Norte de Argentina, en tres sectores de bosque ubicados entre los 22.0° y los 27.5° de latitud sur. 1- en el sector sur de la Selva Pedemontana en zonas de transición y zonas de transformación (SPM), 2- en la Selva Montana (SM) del Parque Biológico Sierra San javier-Tucumán, y 3- en el Bosque Montano (BM) de Los Toldos, Salta (Fig. 1, Tabla 1).La clasificación climática que se emplea corresponde a Köppen (1923), adaptada para el Norte de Argentina por Minetti *et al.*, (2005) y discriminadas en ecorregiones (ERs) basadas en tipos de clima y en especies forestales por Mendoza y Gonzales (2011).

CLIMA Y VEGETACIÓN

El tipo de clima templado y húmedo (Cw) incluye a las Yungas en sus subdivisiones, la SPM, SM, BM (Cabrera, 1976), Pastizales de Neblina (Brown *et al.*, 2005) secos y húmedos (Mendoza y Gonzáles, 2011) (Fig. 1, Tabla 1). Regionalmente desde la década de 1950 en éstos sectores se han observado incrementos de alrededor del 20% en las precipitaciones estivales (Minetti y Vargas, 1997).

La SPM posee un subtipo de clima con invierno frío y verano caliente (Cwah) y a

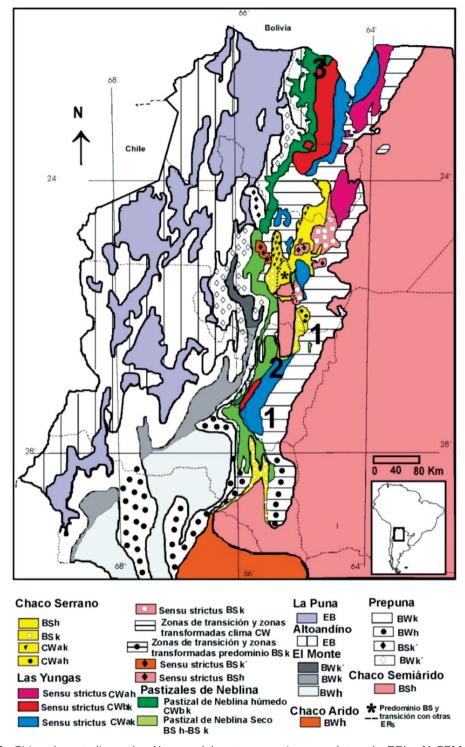


Fig. 1. Sitios de estudio en las Yungas del norte argenino con datos de DBL. 1) SPM (Selva Pedemontana del sur en zonas de transición y zonas de transformación). 2) SM en Parque Biológico Sierra San javier, Tucumán (PBSSJ). 3) BM en Los Toldos, Salta. Cartografía de base tomada de Mendoza y Gonzáles (2011).

Tabla 1. Datos climáticos y fuentes de información de DBL de los sitios de estudio indicados en la figura 1. 1: Easdale $\it et al.$, (2007), 2: Castría (1981), 3: Giménez y Moglia (2003), 4: Dimitri y Biloni (1973), Leonardis (1975), 5: Easdale y Healey (2009). Las fuentes de densidad de leño 3 y 4 han sido tomados de Chave $\it et al.$, (2006), analizadas basándose en Castría (1981) y reanalizadas por Mendoza y Sidán (2014). $\it \Omega$ =Servicio Meteorológico Nacional argentino (promedios 1930-1990), $\it β$ =Bianchi y Yañez (1992), $\it Π$ =Torres Bruchmann (1977), $\it μ$ =Morales $\it et al.$, (1995). TMF=Temperatura del mes más frío, TMA=Temperatura Media Anual, Llu=Lluvia anual.

	Elevación					Nº esp. árboles	
						con datos de	% con
Sitio	(m)	TMF	TMA	Llu	en el sitio	DBL	DBL
BM-LT	≥ 1950	9,4β	11,7β	1300β	52 ^μ	42 (1, 2, 3, 4, 5)	80,8
SM-				1300-			
PBSSJ	550-1100	11,5 ^π	18,0 ^π	1600 ^π	68 ^μ	27 (2, 3, 4, 5)	39,7
SPM-SUR	≤ 700	13,0 ^Ω	19,5 ^Ω	1100^{Ω}	55 ^μ	31 (2, 3, 4)	56,4

nivel regional la lluvia media anual se encuentra entre los 800-1100 mm, mientras su temperatura media es de 18-20°C (Mendoza y Gonzáles, 2011). En la SPM, la DBL analizada corresponde a zonas de transición y zonas de transformación (Brown et al., 2005), distribuidas entre 500-700 msnm. Zona afectada por el avance de la agricultura, su vegetación según modelos fitoclimáticos ha sido descrita en clima sub-húmedo seco, correspondiente a una fisonomía de vegetación en transición entre estepa y pradera baja (Mendoza y Gonzáles, 2011). Caracterizan a este ambiente la presencia de especies arbóreas de Calycophyllum multiflorum Griseb., Phyllostylon rhamnoides (J. Poiss) Taub., Enterolobium contortosiluquum (Vell.) Morog., mezcladas con Tipuana tipu (Benth.) Kuntze y Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan (Cabrera, 1976).

La SM tiene un subtipo de clima con invierno frío y verano fresco (Cwak) y a nivel regional la lluvia media anual se encuentra entre los 1500-2000 mm, en sus partes más secas hacia el Sur del NOA (Cochuna-Tucumán). Mientras en el norte del noroeste argentino se encuentran zonas más húmedas, las que pueden alcanzar 2000-2500 mm anuales (Baritú-Salta). La temperatura media anual oscila entre los 8-19°C, respectivamente (Mendoza y Gonzáles, 2011). La zona de selva con DBL estudiada, corresponde al Parque Biológico San Javier (PBSSJ-Tucu-

mán), representado por una zona seca de selva. Se ubica entre los 900-1000 m snm y es afectada por deslizamientos de ladera (Grau y Brown, 1995), gaps y extracción forestal. Su vegetación según modelos fitoclimáticos ha sido descrita en clima húmedo B1 y per-húmedo, con fisonomía de bosque en sectores secos (Mendoza y Gonzáles, 2011). Caracteriza a este ambiente Cynnamomum porphyrium (Griseb.) Kasterm, Ocotea puberula (Rich.) Nees., Blepharocalix salicifolius (Kunth) O. Berg., Eugenia uniflora L., Myrcianthes pungens (O. Berg) D. Legrand (Cabrera, 1976).

El BM posee un subtipo de clima con invierno muy frío y verano fresco (Cwbk) y a nivel regional la lluvia media anual se encuentra entre los 600-1000 mm, en sus partes más secas, pudiendo alcanzar 1300-1600 mm en sus partes más húmedas en Los Toldos-Salta. La temperatura media anual posee un rango que se extiende entre los 12-18°C (Mendoza y Gonzáles, 2011). El sector con DBL estudiada corresponde a Los Toldos-Salta y se ubica en un rango altitudinal superior a 1950 m snm. Representa al límite altitudinal del bosque, de composición típicamente andína, con componentes holárticos y gondwanicos. Su vegetación según modelos fitoclimáticos ha sido descrita en clima sub-húmedo y húmedo B1, con fisonomía de vegetación de bosque en sectores húmedos (Mendoza y Gonzáles, 2011). Caracterizado por la presencia de bosques monoespecíficos de *Alnus acuminata* Kunth y de *Podocarpus parlatorei* Pilg., los que no son unidades climáxicas (Brown, 1995), junto a *Cedrella lilloi* C. DC. y *Juglans australis* Griseb., en las partes más bajas (Cabrera, 1976).

DBL Y FUENTES DE INFORMACIÓN

Este trabajo adopta el concepto de densidad básica de leño (DBL), basado en masa seca por unidad de volumen verde, expresado en g.cm⁻³. La DBL se estudia a nivel florístico y se analiza empleando valores medios por especies sin tener en cuenta la frecuencia específica ni el volumen de la especie por superficie. Se incluyen datos de DBL de angiospermas y de gimnospermas, en este último caso solamente Podocarpus parlatorei Pilger. Quedaron excluidas especies exóticas, (Morus sp., Ligustrum sp., etc.) y epífitas leñosas, como así también palmeras; pero se tienen en cuenta especies de hábito arbustivo o arbóreo v la DBL se es analizada en estado arbóreo. Los nombres científicos de las especies se validan taxonómicamente de acuerdo a Zuloaga y Morrone (2011), excepto para Cedrela en el que se siguió el criterio de Zapater et al., (2004). Los rangos altitudinales de las especies fueron consultados de diferentes fuentes bibliográficas (Chave et al., 2006; Legname, 1982; Morales et al., 1995; Zuloaga y Morrone, 2011). También se consultó la colección de referencia de Herbario (LIL), la que cuenta con registros desde 1890 hasta el presente.

En la confección de la base de datos de este trabajo se tomó como referencia a la DBL obtenida de 65 especies nativas por el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Tucumán. Logrados por Castría (1981), según técnicas estándares (Kollmann, 1951; Kolmann y Cotè, 1968). Debido a que es representativa de las especies de la región y cada valor de DBL fue alcanzado empleando 5 a 7 repeticiones.

Este trabajo reanaliza DBL de 82 especies arbóreas, correspondientes a 44 familias, provenientes de diversas fuentes (Cas-

tría, 1981; Easdale et al., 2007; Easdale y Healey, 2009; Mendoza y Sidán, 2014). Los datos de DBL del sector arbóreo de máxima diversidad, en el BM del norte del noroeste argentino, fue obtenido por Easdale et al., (2007) y corresponden a ramas secundarias. Swenson y Enquist (2008) han mostrado que la DBL de ramas secundarias es una propiedad de la madera que puede ser empleada para predecir otras propiedades de la vegetación, como el área foliar. Mientras Mendoza y Sidán (2014), analizando la relación que la DBL de ramas secundarias mantiene con la DBL del fuste del árbol, han mostrado que la relación está explicada en más del 85 % de su variabilidad. En este trabajo se reanaliza la información de DBL publicada por Mendoza y Sidán (2014) y por Chave et al. (2006). Estos autores emplearon la relación de Sallenave (1971), y modificaron el porcentaje original de humedad a los datos de DL publicados por Tortorelli (1956); Dimitri y Biloni (1973); Leonardis (1975); Giménez y Moglia, (2003). De esta forma se compilan los 127 valores de DBL que se presentan en el Apéndice 1.

Para considerar la distribución geográfica de cada dato de DBL de cada especie, le fue asignada una ecorregión de acuerdo con la fuente bibliográfica original de su publicación. Cuando una especie presentó más de un valor de DBL proveniente de diferentes fuentes en los distintos sitios, su valor fue conservado e incluido en el análisis.

Se verificó la presencia de valores alejados del promedio de DBL («outliers») que no favorecería un análisis cuantitativo, empleándose el programa STATGRAPHICS Centurion XV. Los promedios de DBL se expresan iunto a sus estadísticos básicos en la Tabla 2. Con la finalidad de discriminar en la región, cuáles medias de DBL son significativamente diferentes/homogéneas se aplicó un procedimiento de Rango Múltiple (tabla 3 y b). El procedimiento de Rango Múltiple se basa en la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

					DBL				
						CV			
Sitio	n	Media	m	М	rango	(%)	SD	SE	KE
BM-LT	50	0,533	0,364	0,727	0,363	17,4	0,093	0,523	-1,178
SM-									
PBSSJ	35	0,544	0,165	0,965	0,800	36,0	0,196	0,416	-0,542
SPM-SUR	42	0,594	0,220	0,871	0,651	30,8	0,183	-1,148	-1,178
Región	127	0,556	0,165	0,965	0,800	28,6	0,159	0,234	-0,631

Tabla 2. Estadísticos de DBL de los sitios de estudio indicados en la figura 1. M= Máximo, m= mínimo, SD= Desvío Estándar, CV=Coeficiente de Variación, SE=Sesgo estandarizado, KE=Kurtosis estandarizada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de homogeneidad relativa realizada a la base de datos de DBL indicó valores positivos extremos. Por ejemplo en SPM, 0,871 g.cm⁻³ para *Maclura tinctoria* (L.) Steud., 0,840 g.cm⁻³ para *Handroanthus impetiginosus (Mart.* ex DC) Mattos. y 0,840 g.cm⁻³ para *Anadenanthera colubrina* (Vell) Brenon. En SM, 0,965 g.cm⁻³ para *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos., 0,911 g.cm⁻³ para *Myrcianthes punges* (O. Berg) D. Legrand y 0,865 g.cm⁻³ para *Eugenia uniflora* L., y para otras especies que pueden ascender hacia BM. Estos datos de DBL fueron indicados como «outliers», al igual que 0,727 g.cm⁻³ en BM para *Myrcian-*

thes pseudo-mato CD. Legname. Sin embargo, realizada una nueva inspección de esos «outliers» fueron conservados e incluidos en los análisis sucesivos porque eran correctos.

El número de especies en el BM (Los Toldos-Salta) analizadas por este trabajo, en el sector de máxima diversidad arbórea (Morales et al., 1995), fue de 42 y representó el 80% de las especies con datos de DBL (Tabla 1). La SM en el PBSSJ-Tucumán presentó 27 especies y representó 40% (Morales et al., 1995) de las especies con información de DBL (Tabla 1). La SPM del sur del NOA estuvo formada por 31 especies y representó el 56% de las especies con datos de DBL (Tabla 1). De manera general, el tipo de clima templado y húmedo estuvo representado por el

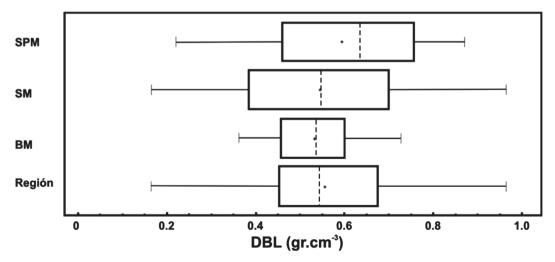


Fig. 2. Diagrama de caja y de bigotes de la DBL de los sitios de estudio. La línea punteada indica la mediana, mientras la cruz el valor medio de la DBL.

59% del total de las especies de la región, y corresponde a las especies que en la actualidad su DBL es conocida.

La DBL media en SPM fue de 0,594 g.cm⁻³ (± 0.183), en SM fue de 0.544 g.cm⁻³ (± 0.196) , mientras en BM 0.533 g.cm⁻³ $(\pm 0,093)$ (Tabla 2, Fig. 2). Explorados estos valores a través de la prueba de Rango Múltiple, no encontramos en los sitios diferencias estadísticas significativas entre cualquier par de medias empleando un nivel de confianza del 95,0%. El método de Rango Múltiple propone un grupo homogéneo de DBL para el clima templado y húmedo, según la alineación de las X's en la columna de la Tabla 3a. Por otro lado, la metodología empleada no puede asignar significancia para contrastar los sitios empleando valores medios de DBL (Tabla 3b). Observando esos resultados sería de importancia considerar que los tres sitios poseen diferencias en temperatura media anual y en la temperatura del mes más frío (Tabla 1). A su vez, también sería relevante observar a los sub-tipos de clima templado de la clasificación de Köppen (1923). La SPM posee sub-tipo de clima con invierno frío y verano caliente (Cwah), la SM invierno frío y verano fresco (Cwak), mientras el BM invierno muy frío y verano fresco (Cwbk). Estos sub-tipos de clima son dependientes del régimen térmico

Tabla 3a. Procedimiento de comparación de Rango Múltiple de DBL para identificar grupos homogéneos de DBL. GH: grupo homogéneo.

Sitio	Casos	Media	GH
BM-LT	50	0,533	Χ
SM-PBSSJ	35	0,544	Χ
SPM-SUR	42	0,594	Χ

Tabla 3b. Procedimiento de comparación de Rango Múltiple de DBL para evaluar el contraste de los sitios empleando valores medios de DBL.

Contraste de sitio	Sig.	Diferencia	-∕₊ Límites
SPM-SM	No	0,049	0,071
SPM-BM	No	0,061	0,065
SM-BM	No	0,011	0,069

con la altura del relieve (Minetti *et al.*, 2005). Es decir, se encuentran delimitados por valores de temperatura media anual y la DBL de los sitios de estudio es mostrada como grupo homogéneo (Tabla 3 y b). Debido a ello se piensa que la temperatura media podría no ser un factor de influencia en la DBL y en su variabilidad. En ese sentido, no se estudió específicamente a la relación entre la DBL y temperatura anual, explorando su distribución para la región. Investigaciones de este tipo podrían, en un paso posterior, contribuir en explicar la distribución y variabilidad de la DBL en relación con variables derivadas del clima.

En cuanto a la variabilidad de la DBL, se observa que es menor en el BM, que representa al sitio ubicado a mayor rango altitudinal (Tabla 2, Fig. 2). Los valores mínimos, máximos, los rangos de DBL junto a las medidas de dispersión en la Tabla 2 lo indican.

A nivel regional en el clima templado y húmedo del NOA la DBL media fue de 0.556 g.cm⁻³ ($\pm 0,159$) (Fig. 2). Valor que guarda cierta similitud con la DBL (0,544 g.cm⁻³ ±0,179) informada por Weimann y Williamson (2002) para sectores de bosque tropical, en donde Williamson (1984) no encontró diferencias en sus valores medios, como los indicados aquí para sectores de bosque subtropical. Sin embargo recientemente, se conoce que en los tipos de bosque analizados por Williamson (1984), la lluvia anual es el mejor predictor de la DBL (Weimann y Williamson, 2002). De esta manera no descartamos que la DBL en la región del norte argentino pueda responder a la lluvia anual como variable predictora. Siendo necesario un enfoque posterior para poder afirmarlo.

CONCLUSIÓN

En las Yungas del norte argentino la densidad básica de leño no posee diferencias en sus valores medios en distintos sectores de bosque con clima templado y húmedo. La temperatura media anual como factor constitutivo del tipo, sub-tipo de clima no influiría en la distribución de la densidad básica de leño en sectores de bosque subtropical.

AGRADECIMIENTOS

Al Mgter. D. Anaya y a la Ing. S. Palazzi del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNT, por el aporte de información complementaria sobre DBL. A la Dra. N. Muruaga y a Estelita Ruíz del Herbario Fanerogámico de la Fundación Miguel Lillo por la revisión del listado de especies y por la facilitación del material para la extensa revisión de cada ejemplar de herbario en la confección de este trabajo. Al Lic. H. Ayarde y a los señores árbitros que clarificaron con sus aportes la comprensión del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Bianchi A. R., Yañez P. 1992. Las precipitaciones del Noroeste argentino. Editorial INTA. Salta, Argentina. 280 pp.
- Brown A. D. 1995. Fenología y caída de hojarasca en la selva montana de Parque Nacional El Rey, Argentina. En: Brown A. D., Grau H. R. (editores), Investigación, Conservación y Desarrollo en Selvas Subtropicales de Montaña. Proyecto de Desarrollo Agroforestal/LIEY. Pgs. 93-102.
- Brown A., Martínez Ortíz, U., Corcuera J. 2005. En: Brown A., Martínez Ortíz U., Corcuera J. (editores), La Situación ambiental Argentina 2005. ISBN 950-9427-14-4. Fundación Vida Silvestre Argentina, Bs. As. Argentina. 577 pp.
- Brown S., Lugo A. E. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. Interciencie 17: 8-18.
- Brown S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests a primer. UN FAO Forestry Paper 134. Rome, Italy. ISSN 0258-6150. 57 pp.
- Cabrera A. L. 1976. Regiones Fitogeográficas de Argentina. Editorial ACME, Buenos Aires, Argentina. 110 pp.
- Carilla J., Grau H. R. 2011. Tendencias sucesionales de los bosques montanos subtropicales del noroeste argentino. Bosque 32 (2): 97-111.
- Castría N. del V. 1981. Propiedades Físico-Mecánicas de 65 especies forestales del NOA. Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT) (Inédito). 216 pp.
- Chave J., Muller-Landau H., Baker R., Easdale T., Steegeter H., Webb C. 2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 Neotropical tree species. Ecological Aplications 16 (6): 2356-2367.

- Dimitri M. J., Biloni S.1973. Especies forestales indígenas de la Argentina de aplicación ornamental. Editorial Celulosa Argentina S. A. Tomo 1. Buenos Aires-Argentina.
- Easdale T., Gurvich D., Sersic A., Healey J. 2007. Tree morphology in seasonally dry montane forest in Argentina: Relationships with shade tolerance and nutrient shortage. Journal Vegetation Science 18: 313-325.
- Easdale T., Healey J. 2009. Resource-use-related traits correlate with population turnover rates, but not stem diameter growth rates, in 29 subtropical montane tree species. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 11: 203-218.
- Harper J. L. 1977. Population biology of plants. Academic Press., London UK.892 pp.
- Gelder Van H., Poorte L., Sterck J. 2006. Wood mechanics, allometry, and life-history variation in a tropical rain forest tree community. New Phytologist 171 (2): 367-378.
- Giménez A., Moglia J. G. 2003. Arboles del Chaco argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico. Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Santiago del Estero. Secretaría de Ambiente y desarrollo sustentable, Ministerio de Desarrollo social. Editorial El Liberal SRL. ISBN 987-95852-9-1.307 pp.
- Grau H. R., Brown A. D. 1995. Los deslizamientos de ladera como condicionantes de la estructura y composición de la selva subtropical de montaña. En: Brown A. D., Grau H. R. (editores), Investigación, Conservación y Desarrollo en Selvas Subtropicales de Montaña. Proyecto de Desarrollo Agroforestal/LIEY. 79-84 pp.
- Köppen W. 1923. Die Klimate der Erde. Grundiriss deer Klimakunde.Berlin und Leipzig. X. 369 pp.
- Koollmann F. 1951. Technologie des Holzes und der Holzwerksoffe.Springer-Verlag, Berlín. Germany.
- Kollmann F. F., Cotè W. A. 1968. Principles of wood science and technology I: Solid Wood. Springer-Verlag, Berlín. Germany.
- Legname P. R. 1982. Arboles Indígenas del Noroeste Argentino. Opera Lilloana XXXIV. 227 pp. Ministerio de Cultura y Educación de la Nación. ISSN 0078-52445.
- Leonardis R. F. 1975. Libro del árbol. Tomo 2. Especies forestales indígenas de la Argentina de aplicación industrial. Editorial Celulosa Argentina S.A. Buenos Aires-Argentina.
- López Zigarán, R. A. 1973. Tecnología de la madera. Universidad Tecnológica Regional. Inédito. 135 pp.
- Mendoza E. A., Gonzáles J. 2011. «Las ecoregiones del Norte Argentino basadas en la clasificación climática de Köppen». En: SERIE DE CONSERVA-CION DE LA NATURALEZA Nº17. Fundación Miguel Lillo. Tucumán-Argentina. Imprenta Artes Gráficas Crivelli. ISSN: 0325-9625. 40 pp.

- Mendoza E. A., Sidán O. M. 2014. Relación entre la densidad de leño y el clima en árboles del trópico y subtrópico del norte argentino. Lilloa 51 (2): 196-208.
- Minetti J. L., Vargas M. W. 1997. Trends and jumps in the annual precipitation in South America, south of the 15°S. Atmosfera 11 (4): 205-221.
- Minetti J. L., Poblete, G. A., Longhi F. 2005. En: Los mesoclimas del Noroeste Argentino. Minetti J. L. (editor), El Clima del Noreste Argentino. Laboratorio climatológico Sudamericano, Fundación Carl C Zon Caldenius. Editorial Magna. ISBN: 987-9390-66-0. 217-234 pp.
- Morales J. M., Sirombra M., Brown A. D. 1995. Riqueza de árboles en las Yungas argentinas. En: Brown A. D., Grau H. R. (editores), Investigación, Conservación y Desarrollo en Selvas Subtropicales de Montaña. Proyecto de Desarrollo Agroforestal/LIEY. 163-174.
- Muler-Landau, H. C. 2004. Interspecific variation in Wood Specific Gravity of tropical trees. Biotrópica 36 (1): 20-34.
- Nogueira E. M., Nelson B., Fearnside M. P. 2005. Wood density in dense forest in central Amazonia. Forest Ecology and Management 208 (1-3): 261-286.
- Panshin A. J., Zeeuw de C. 1980. Texbook of wood technology, 4th ed. McGraw-Hill Book Co., New York, NY. 722 pp.
- Sallenave P. 1971. Propiétés Physiques et Mécaniques des Bois Tropicaux, Deuxi-egrave-me Supplément. CTFT, Nogentsur Marne, France.
- Simpson W.T. 1993. Specific Gravity, Moisture content, and density relationship for wood.General Technical Report FPL-GTR-76.Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Forest Products Laboratory, 13 pp.

- Swenson N. G., Enquist B. J. 2008. The relationship between stem and branch wood specific gravity and the ability of each measure to predict leaf area. American Journal of Botany 95 (4): 516-519.
- Tortorelli L. 1956. Maderas y bosques argentinos. Editorial ACME. Bs. As. Argentina. 910 pp.
- Torres Bruchman E., 1977. Atlas climático y bioclimático de Tucumán (2da. parte). Imprenta de la Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán.
- Weimann, M. C., Williamson G. B. 2002. Geographic variation in wood specific gravity: effects of latitude, temperature, and precipitation. Wood and Fiber Science 34 (1): 96-107.
- Weimann M. C., Williamson G. B. 2013. Biomass determination using wood specific gravity from increment cores. General Technical Report FPL-GTR-225. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Forest Products Laboratory, 7p.
- Williamson G. B. 1984. Gradients in wood specific gravity of trees. Bulletin of the Torrey Botanical Club 111:51-55.
- Williamson G. B., Weimann M. C. 2010. Measuring wood specific gravity...correctly. American Journal of Botany 97 (3): 519-524.
- Zapater M. A., Castillo del E. M., Pennington E. M. 2004. El género Cedrela (Miliaceae) en la Argentina. Darwiniana 42 (1-4): 347-356.
- Zuloaga M., Morrone O. 2011. Catálogo de Plantas Vasculares del Cono Sur. http:// www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina. Octubre 2015.

Apéndice 1. DBL individual para especies leñosas del NOA en clima templado y húmedo, tomadas de diferentes fuentes que han sido indi-SM: Selva Montana, SPM: Selva Pedemontana. El acrónimo LIL indica presencia en el Herbario Fanerogámico de la Fundación Miguel Lillo, Tucumán-Argentina, el número de ejemplar consultado en relación con su distribución y rango altitudinal. TUC: Tucumán, SAL: Salta, JUY; Jujuy, SGO: Santiago del Estero, CAT: Catamarca, a= tomado de Chave et al. (2006) en Ecological Archives A016-075-S1. Porte arbóreo, A: árbol, aa: arbusto, Aa: arbolito. cadas en la Tabla 1. H: Altura sobre el nivel del mar en metros, BM: Bosque Montano,

°L	Familia	Especie			DBL		Altura	PROV	H
			Porte	SPM	SM	BM	(m) H		
-	Cervantesiaciae	Acanthosyris falcata Griseb.	<<	0.638²- 0,650³⁴			500°		
7		Agonandra excelsa Griseb.	aa o Aa	0,648 2			500	TUC	1980
п		Allophyllus edulis (A. St. Hil., Cambess. & A. Juss.) & Hieron. Ex Nieederl.	aa o A	£ 065'0	0,708 8	0,5361	1000	TUC	519476-81511
4		Alnus acuminata Kunth	<(0,368 10,380 20,430 4	1700- 2700	TUC-SAL	7096-535923-424326
5	Fabaceae	Amburana caererisis (Allemao) A.C. Sm.	۲	0,52040,5002			570-600	S.AL-JUY	34428-70731
9	Myrtaceae	Amornyrtella guilli (Speg.) Kausəl	۲			0,6131	1700	SAL	516772
7	Fabaceae	Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan	aa o A	0,711 2 0,840			550-700	TUC-SGO	54874-46491
8	Asteraceae	Baccaris latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.	aa o Aa			0,5611	1550	SAL	519112
თ	Berberidaceae	Barberis jobii Orsi	aa			0,593 1	1550		
10	Myrtaceae	Biepharocalix salicifolius (Kunth) O. Berg	aa o A		0,710 4 0,768 5	0,601	1000- 1888		
11	Urticaceae	Boenmeria caudata Sw.	aa o Aa		0,360 5	0,3641	1100- 1400	SAL-TUC	7742-411558
12	Rubiaceae	Calycophyllum multiflorum Griseb.	⋖	0,740 3.4			500-750	JUY-SAL	49475-33682
13	Fabaceae	Cascaronia astragalina Griseb.	۹	0,5812			500	SAL	12777
4	Meliaceae	Cadrella Iilloi C. DC.	⋖		0,386 2 0,406 5	0,401 1	2000	TUC-JUY	220554-476658
15	Fabaceae	Chlorofeucon tenuiflorum (Benth.) Barneby & J.W. Grimes	۹	0,470 3			504ª		
16	Sapotaceae	Chrysophyllum marginatum (Hock. & Arn.) Radlk.	<<	0,650 3	0,688 5		900-1000	TUC	516791-562398
17	Lauraceae	Cinnamomum porphyrium (Grisəb.) Kosterm.	aa o A		0,480 2 0,486 5	0,4291	700-750	TUC	480225-529939
18	Icacinaœae	Otronella apogon (Griseb.) R.A. Howard	۲			0,494 1	1710	SAL	518012
19	Clethraceae	Cletina scabra Pers.	<<			0,443 1	1876		
20	Boraginaceaea	Cordia amaricana L. Gottsching & J.S. Mill.	۹	0,730 2			200€		
21	Boraginaceaea	Cordia saccela Gottschling. & J. S. Mill.	⋖	0,634 2			500		
22	Boraginaceaea	Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. Ex Steud	٨	0,613 2			566°		
23		Chnodendrom tucumanum Lillo	⋖			0,440 2 0,458 1	1060- 1640	TUC	215786-561210
24	Sapindaceae	Cupania vemalis Cambess.	٩		0,564 2 0,675 5		1200	TUC	81511
25	25 Verbenaceae	Duranta serratifolie (Griseb.) Kuntze	aa o A		0,562 ³	0,531 1	1200	TUC	32584

Apéndice 1. (Cont.)

56	26 Fabaceae	Enterolobium contortistiiquum (Vell.) Morog	∢	0,290 40,356			300-550	SAL-TUC	54079-915578-54069
27	Fabaceae	Erythina falcata Benth	⋖	0,239 2			006	TUC	109652
78	Fabaceae	Erythrina cristi-galii L.	aa o A	0,220 2			400-1075	TUC	61200
59	Escallonaceae	Escallonia millegrana Griseb.	aa o A			0,542 '	1550		
8	Myrtaceae	Eugenia hyemalis Cambess.	aa o A			0,696	1600	SAL	604134
3	31 Myrtaceae	Eugenia uniflora L.	aa o A		0,760 3 0,865 8		500-760	TUC-SAL	440236-1382
32	32 Asteraceae	Kaunia saitensis (Hieron.) R.M. King & H. Rob.	aa			0,494	2293*		
33	33 Fabaceae	Gleditsia emorphoides (Griseb.) Tauo.	∢	0,760 2 0,770			700ª		
8	Bignoniaceae	Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC) Mattos	⋖	0,840 ²	0,965 5		4418		
35	35 Bignonaceae	Handroanthus lapacho (K. Schum.) S. Grose	∢			0,542 '	1621ª		
36	36 Tiliaceae	Heliocarpus popayanensis Kunth	∢		0,208 2 0,275 6		700-800	TUC	261243
37	Aquifoliaceae	llex argentina Lillo	4			0,500 1 0,537 2	1000- 1600	TUC-SAL	80531-530242
38	Bignoniaceae	Jacaranda mimosifolia D. Don	∢	0,470 4	0,507 5		1368*		
39	39 Juglandaceae	Junglans australis Griseb.	4			0,454 1 0,481 2 0,550 4 0,408 3	1200- 1710	TUC	149871
40	40 Moraceae	Maclura tinctoria (L.) Steud.	∢	0,871 2 0,760			389-700	λΩΥ	591788
14	Celastraceae	Maytenus cuezzoi Legname	aa o A			0,624	1675ª		
42	Myricaceae	Morella chevalieri Parra-O	aa o A			0,457	2752		
43	43 Myrtaceae	Myrcianthes mato (Griseb.) Mc Vaugh	∢			0,695 '	1600	TUC	1460
4	44 Myrtaceae	Myrcianthes pseudomato (D. Lgrand) Mc Vaugh	∢			0,727 '	1600	SAL	608319
45	45 Myrtaceae	Myrcianthes pungens (O. Berg) D. Legrand	⋖		0,911 5		900	TUC	595788
46	46 Fabaceae	Myroxylon peruiterum L. f.	∢	0,797 20,830			470-750	TUC-JUY	528830-512447
47	47 Myrsinaceae	Myrsine coriacea (Sw.) R.Br.	∢			0,499 2 0,594 1	1050- 1300	TUC	610150
48	48 Myrsinaceae	Myrsine Jastevirens (Mez.) Arrechav.	∢	0,515 2	0,558 °		1000- 1300		
49	49 Lauraceae	Ocotea puberuia (Rich.) Nees	∢		0,370 4 0,444 2		220-580	SAL	559239
22	50 Fabaceae	Parapiptadenia excelsa (Griseb.) Burkart	∢	0,7572	0,699 °	0,607	700-1350		
2	51 Ulmaceae	Phyllostyllon mamnoides (J.Poiss.) Taub.	∢	0,7782			9009		
25	52 Piperaceae	Piper tucumanum C. DC.	aa o Aa		0,457 °		650	TUC	606365

Apéndice 1. (Cont.)

53	Nyctaginaceae	Pisonia zapallo Griseb.	<<	0,459 2 0,330	0,350 4 0,357 5		781-900	TUC	10742-511898
72	Podocarpaceae	Podocarpus parlatorei Pilg.	⋖			0.455 20,536 1	1500- 1760	TUC-SAL	386493-514224
55	Rosaceae	Prunus tucumanensis Lillo	4			0,609 1	650	TUC	54802
26	Bombacaceaea	Pseudobombax argentinum (R.E.Fr.) A. Robyns	4	0,292 2			750		
22	Rubiaceae	Randia armata (Sw) D.C.	aa			0,646 1	1550		
28	Rhamnaceae	Rhamnus sphaerosperma Sw.	aa c A			0,482 1	1770- 1700	JUY-SAL	612699-507664
29	Proteaceae	Roupala meisneri Sleumer	<			0,674 1	1760	SAL	517569
99	Polygonaceae	Ruprechtia apetala Weed.	aa o A		0,710 5		1100-	TUC-CAT- SAL	246586-455051-563286
51	Polygonaceae	Ruprechtia laxiflora Meisn.	⋖	0,564 2	0,653 5		730-1000	JUY-TUC	95217-571654-61784
23	Salicaceae	Salix humboldtiana Wild	¥	0,414 2			450	TUC	7364
83	Polygonaceae	Salta trifora (Griseb.) Adr. Sánchez	aa c A			0,655 1	300	TUC	8810
22		Sambucus nigra L.	aa o A			0,429 1	2100	TUC	244983
92	Euphorbiaceae	Sapium haematospermum Müll. Arg.	aa o A	0,3403			397	SAL	175106
98	Anacardaceae	Schinus meyeri F. A. Barkley	aa c Aa			0,525 1	1700	SAL	336392
97	Rhammaceae	Scutia buxifolia Reissek	aa c A			0,701 1	1700	SAL	507599
88	Euphorbiaceae	Sebastiana brasiliensis Spreng.	aa o A			0,627	1500	SAL	537714
66	Sapotaceae	Sideroxylum obtusifolium (Roem. & Schuldt.)T.D. Penn.	aa c A	0,7172			009	SAL	487321
2	Solanaceae	Solarum riparum Pers.	aa c A		0,494 5		800	TUC	272471
7	Solanaceae	Solarum symmetricum Rusby	aa c Aa			0,545 1	1700	SAL	5199008
72	Bignoniaceae	Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth	aa c Aa		0,462 5		1247		
73	Combretaceae	Terminalia triflora (Griseb) Lillo	aa c.A	0,789²	0,765 5		1250- 1500	SAL-TUC	537720-540884
74	Pentaphylacaceae	Ternstroemia congestiflora Triana & Planch	∢			0,598 1	1910		
75	Fabaceae	Tipuana tipu (Benth.) Kuntze	⋖		0,563 2 0,607 5		1400	TUC	55846
92	Urticaceae	Urera baccifera (L.) Gaudich.	aa o A		0,165 5		750	TUC	480217
77	Urticaceae	Urera caracasana (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	aa		0,277 5		639		
78	Solanaceae	Vassobia breviflora (Sendtn.) Hunz.	∢		0,547 5	0,496 1	1000	TUC	427160
79	79 Adoxaceae	Vibumum seemenii Graebn.	aa o Aa			0,5391	1550	SAL	519782

Apéndice 1. (Cont.)

80	Salicaceae	Xylosma longipetiolata Legname	4		0,621 1	1600	SAL	519010	
9	Salicaceae	Xylosma pubescens Griseb.	aaoA		0,593 1	1500	SAL	513628	
8	Rutaceae	Zanthovolum coco Gillies ex Hock f. & Arn	٥	0,429 2 0,460	0.472	700-1700	OUT-YIII.	612617-610894-380161- 10665	