

Aspectos anatómicos del leño y composición de los aceites esenciales de especies arbustivo-leñosas del ecotono y la estepa del noroeste de la Provincia del Chubut

Pedro E. Guerra¹, Silvia B. González^{2*}, Helga J. Kirner¹, Daiana S. Retta³, Paola Di Leo Lira³, Mariano F. Gómez⁴

¹ Facultad Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia "San Juan Bosco" (UNPSJB), Sarmiento 849, Esquel, Provincia del Chubut, Argentina.

² Facultad Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia "San Juan Bosco" (UNPSJB), Sarmiento 849, Esquel, Provincia del Chubut, Argentina.

³ Cátedra de Farmacognosia-IQUIMEFA (UBA-CONICET), Facultad Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires. Junín 956, CABA, Argentina.

⁴ Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP), Ruta 259, km 4, Esquel, Provincia del Chubut, Argentina.

*Autor a quien dirigir la correspondencia: quim-esq@unpata.edu.ar.

Resumen

La Provincia del Chubut tiene una superficie aproximada de 224.686 km², donde los bosques subantárticos se extienden hacia el oeste y el noroeste. Están compuestos por árboles nativos como la lenga, el coihue, el alerce o lahuán, el ciprés, el maitén, el ñire y el radial, entre otros. En el ecotono bosque-estepa incursionan algunas de estas especies arbóreas, pero existe mayor predominancia de arbustos de muy bajo porte. El objetivo de este trabajo fue analizar, sobre la base de los caracteres anatómicos del leño secundario, aspectos xeromórficos de arbustos patagónicos y determinar la presencia y la composición de los aceites esenciales en sus follajes. Se realizó el estudio anatómico de algunas especies arbustivas, comprendidas en las siguientes familias botánicas: Apiaceae, Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Rhamnaceae, Solanaceae y Verbenaceae. Se realizó el estudio anatómico de: *Adesmia boronioides* (Fabaceae), *Ameghinoa patagonica* (Asteraceae), *Baccharis linearis*, *B. obovata*, *B. salicifolia*, (Asteraceae), *Clinopodium darwinii* (Lamiaceae), *Corynabutilon bicolor* (Malvaceae), *Diostea juncea* (Verbenaceae), *Discaria chacaye* (Rhamnaceae), *Fabiana imbricata* (Solanaceae), *Mulinum spinosum* (Apiaceae), *Ochetophila trinervis* (Rhamnaceae), *Schinus johnstonii* y *S. patagonicus* (Anacardiaceae). Los elementos observados, analizados y medidos permitieron obtener resultados y establecer analogías y diferencias entre las especies. La mayoría de los arbustos presenta: porosidad de circular a semicircular en xilema temprano, y porosidad difusa, disposición dendrítica, ulmoide, en racimos, y oblicua en zigzag, en xilema tardío. En sección transversal, los poros se distribuyen solitarios, múltiples radiales cortos, largos y en cadena; en sección tangencial se observaron radios uni a multiseriados, homocelulares y heterocelulares. El sistema de radios es heterogéneo. Los espesamientos helicoidales están presentes en las paredes de los vasos y las traqueidas vasculares de varias especies. En el leño de otras, se hallaron traqueidas vasicéntricas y fibrotraqueidas. Las perforaciones reticuladas solo fueron halladas en algunos vasos de *Ochetophila trinervis*; y perforaciones radiovasculares, en *D. chacaye*. Las demás especies tienen vasos con perforaciones simples. Los valores de

Palabras clave: aceites esenciales - arbustos - ecotono - estepa patagónica - xilología.

Key words: essential oils - shrubs - ecotone - patagonian steppe - xylology.

índice de vulnerabilidad, mesomorfismo, índice de fibras/vasos y frecuencia promedio de poros/mm² obtenidos, demuestran que los arbustos estudiados habitan en sitios de xerófitos a extremadamente xéricos del ecotono-estepa del Chubut. El 64% de las especies mostró contenidos importantes de aceites esenciales. Este resultado estaría en concordancia con algunas hipótesis que plantean la presencia de estos metabolitos secundarios como adaptación a las condiciones xerófitas.

Trunk anatomical features and essential oils composition of woody-shrub species of the ecotone and steppe from the Northwestern region of Chubut Province

Abstract

Chubut Province has an area of about 224.686 km², and therein the sub Antarctic forest extends to the West and Northwest. Native trees such as lenga, coihue, alerce or lahuán, cypress, maitén, ñire and radial, among others, are the most frequent species present. Meanwhile in the forest-steppe of the ecotone some of these tree species are also present but with a greater predominance of very low bearing shrubs. The objective of this study was to analyze the xeromorphic aspects of patagonian shrubs based on the anatomical characters of the secondary wood and on the presence and composition of essential oils in their foliage. The anatomical study was conducted on: *Adesmia boronioides* (Fabaceae), *Ameghinoa patagonica* (Asteraceae), *Baccharis linearis*, *B. obovata*, *B. salicifolia*, (Asteraceae), *Clinopodium darwinii* (Lamiaceae), *Corynabutilon bicolor* (Malvaceae), *Diostea juncea* (Verbenaceae), *Discaria chacaye* (Rhamnaceae), *Fabiana imbricata* (Solanaceae), *Mulinum spinosum* (Apiaceae), *Ochetophila trinervis* (Rhamnaceae), *Schinus johnstonii* y *S. patagonicus* (Anacardiaceae). The anatomical elements observed, analyzed and measured, allowed establishing analogies and differences between the species. Most of the bushes presented: circular to semicircular porosity in spring wood, and diffuse-porous, dendritic provision, ulmoid, in clusters, and oblique zigzag in autumn-winter wood. In cross section, the pores were solitary, multiple radial short, long and chain; uni multiseriate, homocellular and heterocellular rays were observed in the tangential section. The radio system was heterogeneous. The helical thickening was present in the vessel walls and vascular tracheids, of several species. Fibrotracheids and vasicentric tracheids were found in the others woods. The reticulate perforations were only found in some vessels of *Ochetophila trinervis*; and radiovasculars drillings in *D. chacaye*. Other species had vessels with simple perforations. Index values of vulnerability, mesomorphism, index of fibers/vessels and frequency average pores/mm² obtained, demonstrated that the shrubs under study live in xerophytic to extremely xeric conditions in the ecotone-steppe in Chubut. About 64% of the species showed essential oils content. These results would be consistent with some hypotheses posed that the presence of these secondary metabolites constitutes a possible adaptation to xerophytic conditions.

Introducción

La Provincia del Chubut tiene una superficie aproximada de 224.686 km² donde los bosques subantárticos se extienden hacia el oeste y el noroeste. Están compuestos por árboles nativos como la lenga (*Nothofagus pumilio*), el coihue (*Nothofagus dombeyi*), el alerce o lahuán

(*Fitzroya cupressoides*), el ciprés (*Austrocedrus chilensis*), el maitén (*Maytenus boaria*), el ñire (*Nothofagus antarctica*) y el radial (*Lomatia hirsuta*), entre otros (Donoso Zeger, 2007).

Estas especies arbóreas también se encuentran en el ecotono bosque-estepa, pero hay mayor

predominancia de arbustos de muy bajo porte, que presentan generalmente ramas tortuosas, espinoscentes, hojas pequeñas, coriáceas, recubiertas por ceras, resinas, tricomas. En general, tienen flores agrupadas en inflorescencias.

Las plantas de la estepa que integran la vegetación en el semidesierto patagónico, están adaptadas para soportar condiciones ambientales extremas: limitada cantidad de agua a su disposición debido al clima seco y a la acción de vientos intensos y frecuentes, predominantes desde el oeste y sudoeste. El clima es frío, árido o semiárido, con reducida humedad ambiental, intensa evaporación y frecuentes nevadas en invierno (Ragonese, 1967).

Las precipitaciones en la Provincia del Chubut disminuyen desde el oeste en el ecotono, de 500 a 400 mm anuales, y hacia el este en el ecotono: de 250, 200, 180 a 100 mm, en los sitios comprendidos en los distritos Patagónico Occidental y Patagónico Central de la Provincia Patagónica del Dominio Andino-Patagónico (Cabrera, 1976).

La estructura de una planta, su fisonomía general y su morfología están dadas dentro de las posibilidades genéticas de la especie, por sus modificaciones fenotípicas y las adaptaciones inducidas por los factores del medio donde habita. De acuerdo con las condiciones del ambiente pueden presentarse como árboles o como arbustos. La composición química de las plantas y su palatabilidad están relacionadas, en particular, con la presencia o ausencia de resinas, taninos, aceites esenciales, alcaloides y mucílagos (Ruthsatz, 1974).

El estudio de la composición química de plantas medicinales de zonas áridas muestra un alto número de especies con contenido de alcaloides. Los aceites esenciales son el segundo grupo de metabolitos secundarios en importancia, presentes en plantas de regiones áridas (Chopra y col., 1960).

La secreción de aceites esenciales parece tener un rol en la protección contra la sequía de ciertas especies, porque evitan la pérdida de agua por medio de la evaporación y actúan además, por difracción de la luz (Bezic y col., 2003). Se cree que esta propiedad es una característica xerofítica porque las plantas aromáticas son más abundantes en los ambientes áridos que en los húmedos (Paris y Dilleman, 1960).

Los roles fisiológicos de protección contra

altas temperaturas y pérdida de agua por evapotranspiración son atribuidos, en gran medida, a los diterpenoides, principales constituyentes de las resinas (Gershenzon, 1994), más que a los mono y sesquiterpenoides propios de los aceites esenciales. Sin embargo, ambos tipos de metabolitos están íntimamente relacionados por compartir las mismas estructuras secretoras en la biosíntesis. En zonas semiáridas las resinas pueden constituir hasta el 30% del peso seco de la hoja (Gershenzon, 1994).

La distribución de metabolitos secundarios—entre ellos los aceites esenciales—tiene algún valor para la taxonomía, pero básicamente su presencia podría reflejar adaptaciones y estrategias particulares de vida inmersas en una estructura filogenética dada (Wink, 2003).

El objetivo de este trabajo fue analizar, sobre la base de los caracteres anatómicos del leño secundario de especies arbustivo-leñosas del ecotono y la estepa del noroeste de la Provincia del Chubut, aspectos xeromórficos y determinar la presencia y la composición de aceites esenciales en sus follajes.

Las especies estudiadas fueron *Adesmia boronioides* Hook. f. (Fabaceae), n.v.: “paramela”, “té pampa”, “té silvestre”, “loncko-trevo”, *Ameghinoa patagonica* Speg. (Asteraceae), n.v.: “ameguinoa” o “amegino”, *Baccharis linearis* Ruiz & Pav. ssp. *linearis* (Asteraceae), n.v.: “romerillo”, *B. obovata* Hook. & Arn. (Asteraceae), n.v.: “vatru”, “chilca”, “romerillo”, *B. salicifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. (Asteraceae), n.v.: “chilca” (Asteraceae), *Clinopodium darwinii* (Benth.) Kuntze (Lamiaceae), n.v.: “té pampa”, “tomillo”, *Corynabutilon bicolor* (Phil. ex K. Schum.) Kearney (Malvaceae), n.v.: “mata mora”, *Diostea juncea* Gillies ex Hook. (Miers (Verbenaceae), n.v.: “retama”, “palo negro”, *Discaria chacaye* (G. Don) Tortosa (Rhamnaceae), n.v.: “espino blanco”, “chacay de la cordillera”, *Fabiana imbricata* Ruiz & Pav. (Solanaceae), n.v.: “palo piche”, “palo pichi”, “pichi-pichi”, *Mulinum spinosum* (Cav.) Pers. (Apiaceae), n.v.: “neneo”, “chila”, “uña de gato”, *Ochetophila trinervis* (Gillies ex Hook. & Arn.) Poepp. ex Miers (Rhamnaceae), n.v.: “chacay”, *S. johnstonii* A. Barkley (Anacardiaceae), n.v.: “molle” y *Schinus patagonicus* (Phil.) I.M. Johnst. ex Cabrera var. *patagonicus* (Anacardiaceae) n.v.: “laura”.

Materiales y métodos

El material herbáceo y leñoso se recolectó en los sitios que se mencionan a continuación (Figura 1):

- Adesmia boronioides*, base del cerro La Hoya, Esquel, Departamento Futaleufú;
- Ameghinoa patagonica*, paraje El Pajarito, Departamento Languiño;
- Baccharis linearis*, Leleque, Departamento Cushamen;
- B. obovata*, base del cerro La Hoya, Esquel, Departamento Futaleufú;
- B. salicifolia*, Esquel Ruta 259, Departamento Futaleufú;
- Clinopodium darwinii*, Piedra Parada, Departamento Cushamen;
- Corynabutilon bicolor*, Camino viejo a Trelew, Departamento Languiño;
- Discaria chacaye*, Estación Forestal INTA-Trevelin, Departamento Futaleufú;
- Diostea juncea*, Estación Forestal INTA-Trevelin, Departamento Futaleufú;
- Fabiana imbricata*, Buenos Aires Chico, El Maitén, Departamento Cushamen;
- Mulinum spinosum*, cercanías de Ruta 259, km 4, Esquel;
- Ochetophila trinervis*, Estación Forestal INTA-Trevelin, Departamento Futaleufú;
- Schinus johnstonii*, paraje La Cancha, Departamento Cushamen;
- Sch. patagonicus*, cerro La Hoya-Esquel, Departamento Futaleufú.

Las ramas, las hojas, las flores y los frutos se secaron, identificaron e incorporaron al herbario de la cátedra Botánica Forestal de la Facultad de Ingeniería-UNPSJB, Sede Esquel.

Se realizaron cortes de leño en tres secciones a los efectos de obtener preparados microscópicos. Para efectuar los cortes, las tinciones, el montaje de las muestras y la disociación del leño, se aplicaron técnicas convencionales (D'Ambrogio, 1986). Se utilizaron como colorantes safranina y fast green, en tinciones de doble coloración. Con un microscopio óptico HOKENN, se observaron, analizaron y midieron los elementos anatómicos.

El material disociado se obtuvo aplicando el método de Boodle. Se efectuaron 25 mediciones de vasos, fibras y radios, y se obtuvieron promedios de las dimensiones de cada elemento. Se determinaron

los índices de vulnerabilidad (I de V) y de fibras/vasos (I de F/V).

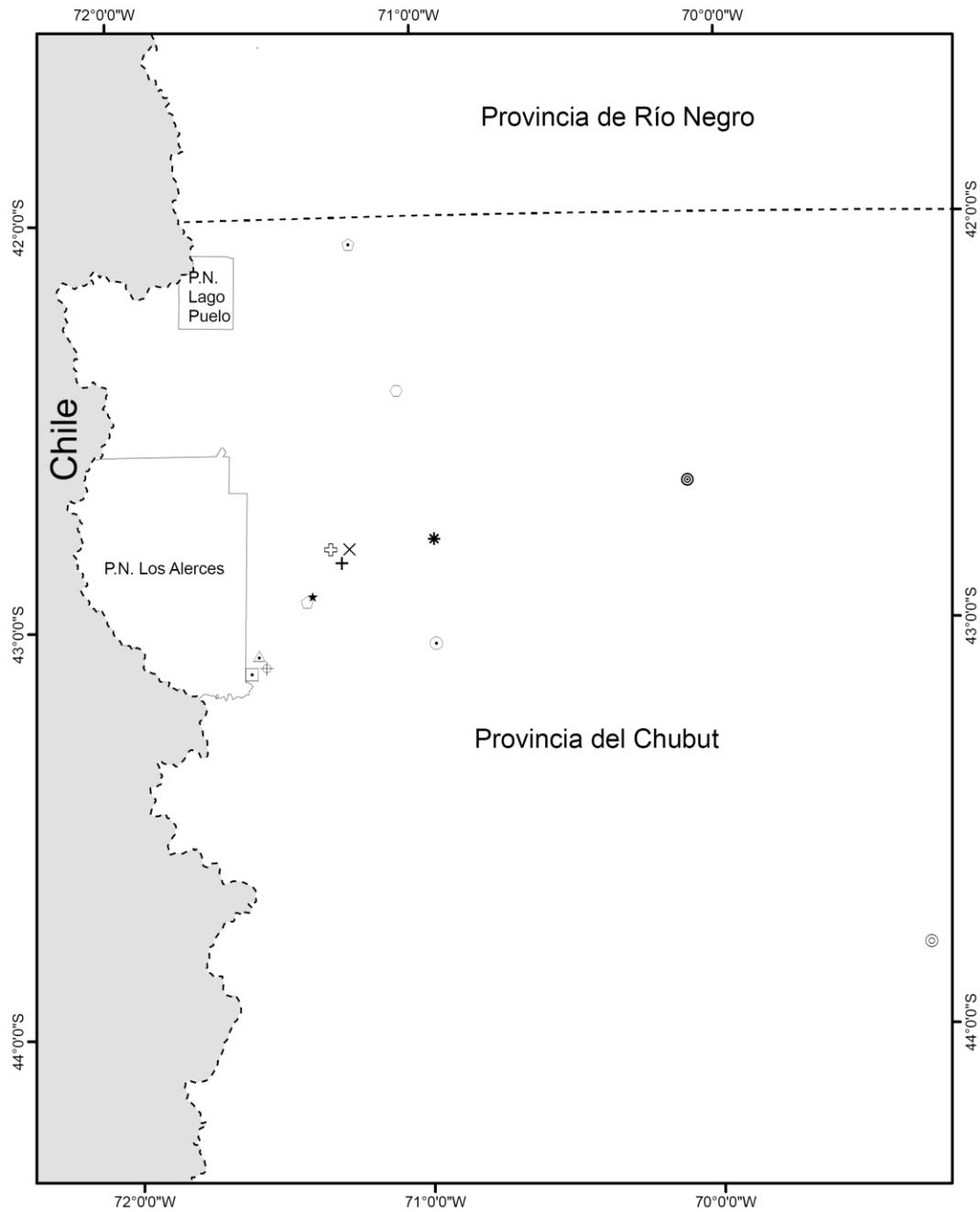
Con cámara clara de microscopio ZEISS Standart 20, se determinaron la frecuencia en superficie de poros/mm² (sección transversal) y radios/mm² (sección tangencial). Para la descripción y la clasificación de los elementos anatómicos, las características y los términos empleados, se utilizó el glosario de la IAWA (1989).

Los aceites esenciales de las hojas de *Adesmia boronioides*, *Baccharis linearis*, *B. obovata*, *B. salicifolia*, *Clinopodium darwinii*, *Fabiana imbricata*, *Mulinum spinosum*, *Schinus johnstonii*, y *Sch. patagonicus* se extrajeron por hidrodestilación utilizando una trampa tipo Clevenger (European Pharmacopeia, 1997). Los aceites esenciales se analizaron por GC-FID-MS, empleando un equipo Perkin Elmer GC modelo Clarus 500 con una configuración especial (Retta y col., 2009). El equipo estaba provisto de un muestreador automático Autosampler conectado a un único inyector tipo *split* (relación de *split*: 1:100) conectado mediante un divisor de flujos a dos columnas capilares de sílice fundido: a) polietilenglicol de PM aprox. 20.000 y b) 5% fenil-95% dimetilpolisiloxano, ambas columnas tenían 60 m x 0,25 mm de diámetro y 25 µm de espesor de fase estacionaria. La columna polar estaba conectada a un detector FID mientras que la columna no polar estaba conectada a un detector FID y a un detector de masas cuadrupolar (70 eV), por medio de un sistema de venteo (MSVent™). Fase móvil: helio a 1,87 ml/min.

Se utilizó el siguiente programa de temperaturas: 90 °C, luego se aumentó a 3 °C/min hasta los 240 °C (15 min). Las temperaturas del inyector y de ambos detectores FID eran 255 °C y 275 °C, respectivamente. La cantidad inyectada fue 0,2 µl de una dilución al 10% en etanol. La temperatura de la línea de transferencia era 180 °C mientras que la temperatura de la fuente de iones era 150 °C. El rango de masas escaneado fue 40-370 Da. La configuración del equipamiento utilizado permitió obtener los siguientes datos a partir de una única inyección:

- a) índices de retención de los compuestos calculados por coelución con una serie homóloga de alcanos (C6 a C24), en la columna polar y en la columna no polar;
- b) espectros de masa de cada uno de los compuestos separados en la columna no polar.

Figura 1.- Localización de la zona de recolección



Referencias:

Especies					
×	<i>Adesmia boronioides</i>	◊	<i>Baccharis salicifolia</i>	◊	<i>Fabiana imbricata</i>
⊙	<i>Ameghinoa patagonica</i>	⊙	<i>Clinopodium darwinii</i>	★	<i>Mulinum spinosum</i>
○	<i>Baccharis linearis</i>	◊	<i>Corynabutilon bicolor</i>	⊕	<i>Ochetophila trinervis</i>
⊕	<i>Baccharis obovata</i>	◻	<i>Diostea juncea</i>	*	<i>Schinus johnstonii</i>
		△	<i>Discaria chacaye</i>	+	<i>Schinus patagonicus</i>



La identificación de cada uno de los compuestos se realizó por comparación de los índices de retención obtenidos en las dos columnas de distinta polaridad, con los que se obtuvieron, a partir de muestras auténticas o con los que figuran en bibliografía, junto a la comparación de los espectros de masa obtenidos con los que figuran en nuestra base de datos y otras comerciales (Adams, 2007; Wiley/NIST, 2008).

La cuantificación se realizó a partir de las respuestas de los detectores FID en ambas columnas por el método de porcentaje de áreas, sin corrección por diferencias de respuesta. Se tomó para cada componente la menor respuesta obtenida entre las correspondientes a las dos columnas utilizadas.

Resultados

Adesmia boronioides

Área de dispersión

Se encuentra en la Provincia Biogeográfica Patagónica, en Argentina: Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz; en Chile, Provincia Subantártica (Regiones VIII y IX) (Ulibarri y col., 2000) (Figura 2).

Características microscópicas del leño

Sección transversal

Porosidad circular al inicio de cada anillo de crecimiento; poros solitarios y agrupados, múltiples radiales cortos de 2 a 3, y múltiples radiales largos; disposición ulmoide y agrupados en racimos hacia el xilema tardío.

Parénquima paratraqueal vasicéntrico completo e incompleto, confluyente y marginal (Figura 3). La frecuencia promedio de poros en superficie fue de 98 poros/mm²; I de V = 0,27; mesomorfismo = 0,002 e I de F/V = 5,54.

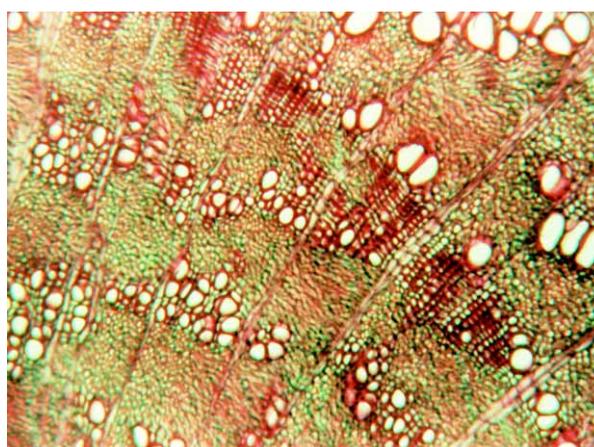
Sección tangencial

Los radios son uni a multiseriados, con estratificación parcial de elementos de vasos y células del parénquima axial; sistema de radios heterogéneo; escasos radios fusionados axialmente y otros agregados. Las células de radios contienen arenas cristalinas. Frecuencia lineal promedio: 13 (16-11) radios/mm, y frecuencia media en superficie de: 9,4 radios/mm²; promedio de células en

Figura 2.- *Adesmia boronioides* (Hook. f.) (Fabaceae)



Figura 3.- *Adesmia boronioides*



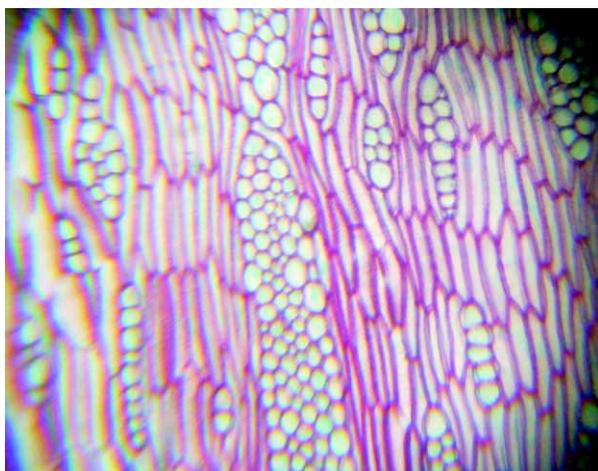
Sección transversal 100x, vasos, radios, fibras y parénquima.

altura: 21 (44-4), promedio de células en ancho: 4 (5-1). Altura media de radios: 450 (110-10) μm, y ancho medio: 60 (100-20) μm. Los vasos tienen extremos oblicuos a horizontales (Figura 4).

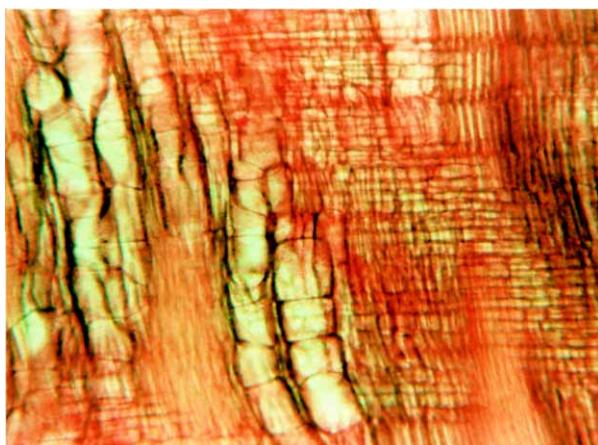
El leño de esta leguminosa no presenta estratificación completa de sus elementos anatómicos.

Sección radial

Los elementos de vasos son cortos, con perforaciones simples, circulares a ovales; puntuaciones intervasculares alternas y alterno-opuestas, ornadas. Las puntuaciones a través de sus lúmenes se hacen coalescentes, y toman aspecto de puntuaciones escalariformes. Radios heterocelulares constituidos por células procumbentes, radiales y erectas. Sistema de radios heterogéneo (Figura 5).

Figura 4.- *Adesmia boronioides*

Sección tangencial 100x, radios uni a multiseriados y parénquima axial estratificado.

Figura 5.- *Adesmia boronioides*

Sección radial 100x.

En mediciones de material disociado se obtuvo: longitud media de vasos 112 (130-90) μm , y diámetro promedio, 26 (65-13) μm .; longitud media de fibras: 620 (820-450) μm ; ancho medio, 6 μm ; ancho de lumen: 1,3 μm y espesor de pared, 2,4 μm .

Ameghinoa patagonica

Área de dispersión

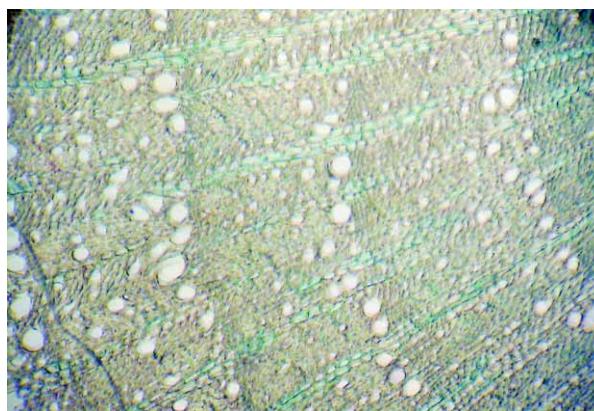
Especie endémica de la estepa patagónica, desde el sur de Mendoza hasta Santa Cruz; vegeta en lugares muy áridos (Cabrera, 1971) (Figura 6).

Figura 6.- *Ameghinoa patagonica* Speg. (Asteraceae)

Características microscópicas del leño

Sección transversal

Porosidad circular a semicircular; poros múltiples radiales cortos, 2 a 3. En algunos anillos se observa disposición ulmoide. Frecuencia promedio en superficie: 304 poros/ mm^2 . I de V = 0,033; mesomorfismo = 0,0008. Parénquima para-traqueal vasicéntrico incompleto y apotraqueal marginal. Fibras de paredes gruesas, contornos circulares a ovales y lúmenes reducidos. Radios completos e incompletos, uni a multiseriados (Figura 7).

Figura 7.- *Ameghinoa patagonica*

Sección transversal 100x.

Sección tangencial

Vasos con extremos oblicuos y paredes helicoidales. Fibras dispuestas en posición rectilínea a oblicua, sin tabiques. Parénquima: células tabicadas, de paredes muy gruesas dispuestas en series. Los radios tienen altura promedio de 15 (29-5) células; altura media: 520 (750-200) μm y frecuencia lineal media: 7 (8-5) radios/mm; varios se disponen fusionados en sentido axial (Figura 8).

Sección radial

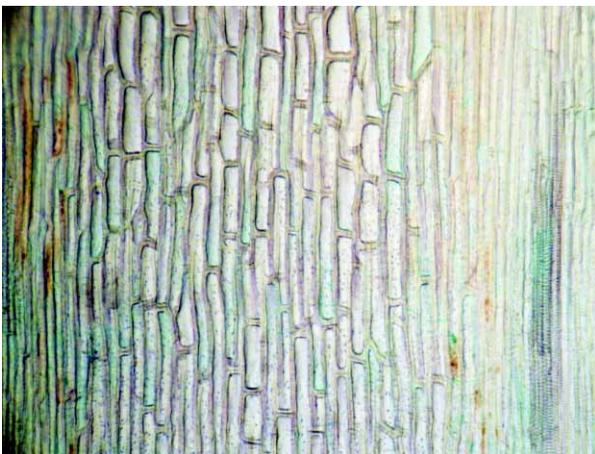
Radios heterocelulares, formados por células erectas y cuadradas. Elementos de vasos con paredes helicoidales, perforaciones simples de contorno circular, puntuaciones intervasculares alternas; están dispuestos en estratos parciales, algunos con paredes anilladas (Figura 9). Las células del parénquima

Figura 8.- *Ameghinoa patagonica*



Sección tangencial 100x.

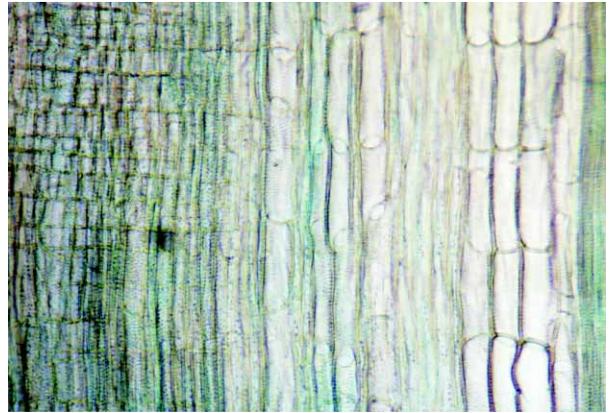
Figura 9.- *Ameghinoa patagonica*



Sección radial 10x.

axial se hallan en series formando estratos (Figura 10). La longitud media de elementos de vasos es 38 (52-20) μm y el diámetro medio 10 (18-7) μm ; longitud promedio de fibras: 520 (600-450) μm .

Figura 10.- *Ameghinoa patagonica*



Sección radial 400x.

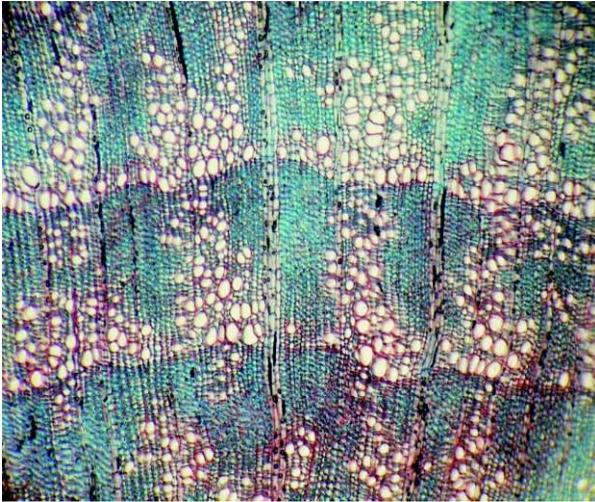
Baccharis linearis

Área de dispersión

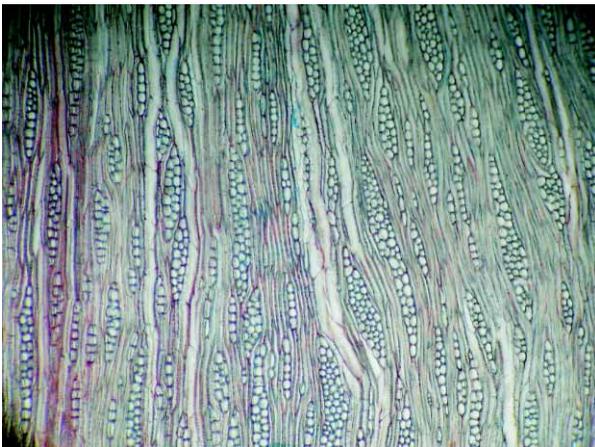
Especie frecuente en el centro y sur de Chile y en la cordillera patagónica de la Argentina (Cabrera, 1971) (Figura 11). También incursiona en algunos sitios, desde el ecotono hacia la estepa patagónica (Guerra, 2008).

Figura 11.- *Baccharis linearis* (Ruiz et Pav.) Persoon (Asteraceae)

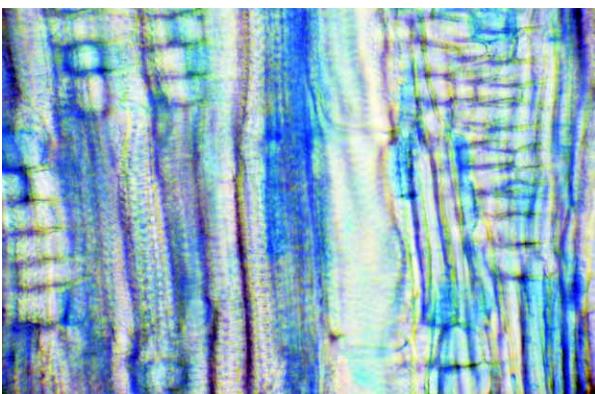


Figura 12.- *Baccharis linearis*

Sección transversal 100x.

Figura 13.- *Baccharis linearis*

Sección tangencial 100x.

Figura 14.- *Baccharis linearis*

Sección radial 400x.

Características microscópicas del leño

Sección transversal

Porosidad circular a semicircular en xilema temprano; disposición dendrítica y poros agrupados en racimos, en xilema tardío. La frecuencia promedio en superficie es: 260 (340-184) poros/mm². El parénquima es paratraqueal vasicéntrico, completo e incompleto, confluyente y marginal. Las fibras presentan formas circulares y ovales, con lúmenes reducidos y paredes gruesas; radios leñosos completos e incompletos (Figura 12).

Sección tangencial

Los vasos tienen elementos cortos, extremos oblicuos a horizontales, paredes con espesamientos helicoidales y puntuaciones intervasculares alternas, ornadas. Las fibras libriformes presentan disposición rectilínea a oblicua (Figura 13). Frecuencia promedio de radios en superficie: 46 (84-24) radios/mm²; frecuencia lineal media: 17 (20-15) radios/mm; altura media: 32 (60-15) μm; promedio de células en altura: 17 (35-8). Tanto las células de parénquima axial, como las de parénquima radial están llenas de contenidos. El sistema es heterogéneo, con predominio de radios 1, 2 y 3-seriados; y muy escasos, los de 4 a 6.

Sección radial

Los elementos de vasos tienen perforaciones simples, puntuaciones intervasculares alternas, ornadas, y paredes con espesamientos helicoidales. Además, en esta sección presentan estratificación parcial. Las traqueidas vasculares están próximas a los vasos del xilema tardío, tienen espesamientos helicoidales en las paredes. I de $V = 0,08$ y mesomorfismo = $0,0005$. Los radios son heterocelulares, con células cuadradas en los extremos y procumbentes en el interior; algunas contienen cristales prismáticos y ovales. Las fibras tienen disposición rectilínea a oblicua (Figura 14). Longitud promedio de fibras: 454 (710-329) μm y diámetro promedio: 16 (18-13) μm; largo promedio de vasos: 155 (208-101) μm y diámetro promedio: 22 (47-10) μm.

Baccharis obovata

Área de dispersión

Especie del centro y del sur de Chile, y de los bosques de la cordillera patagónica en la Argentina (Cabrera, 1976). En el ecotono bosque-estepa también suele hallarse formando grupos asociados con otras especies (Guerra, 2008) (Figura 15).

Figura 15.- *Baccharis obovata* Hooker et Arnott (Asteraceae)



Características microscópicas del leño

Sección transversal

Porosidad circular a semicircular en xilema temprano; disposición dendrítica y poros agrupados en racimos, en xilema tardío. Se manifiesta una desigual distribución de poros en los anillos de crecimiento a través de años sucesivos. Frecuencia media en superficie: 147 (348-76) poros/mm², son muy numerosos. I de V = 0,16; mesomorfismo = 0,0009; I de F/ V = 3,35. El parénquima es de tipo paratraqueal vasicéntrico, completo e incompleto, y marginal. El límite entre anillos está dado por 3 a 4 hileras de células de parénquima marginal y la porosidad circular a semicircular (Figura 16). La tendencia a la porosidad semicircular, con diferente concentración de vasos, pone de manifiesto la presencia de una estación seca muy demarcada (Giménez y col., 1993). Las fibras tienen bordes circulares y ovales, con lúmenes reducidos y paredes gruesas.

Sección tangencial

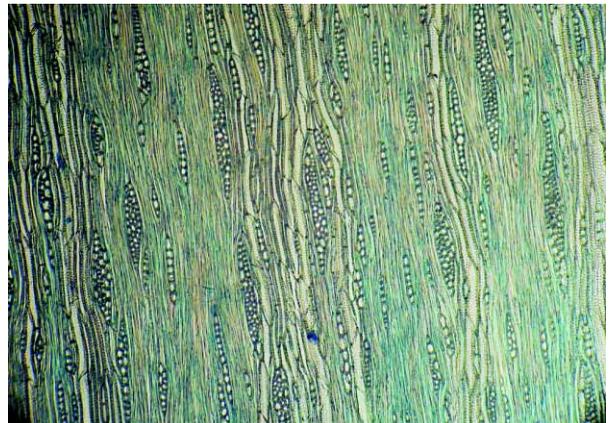
Los vasos están formados por segmentos cortos, extremos oblicuos a horizontales y paredes con espesamientos helicoidales (Figura 17). El sistema de radios es heterogéneo; predominan los radios 1, 2, 3-seriados y escasos, los de 4 y 6 células de ancho. En altura promedio tienen 13 (45-1) células; altura media de 32 (55-10) μm; frecuencia media en superficie: 57 (72-40) radios/mm²; frecuencia lineal promedio: 9 (12-8) radios/mm.

Figura 16.- *Baccharis obovata*



Sección transversal 100x.

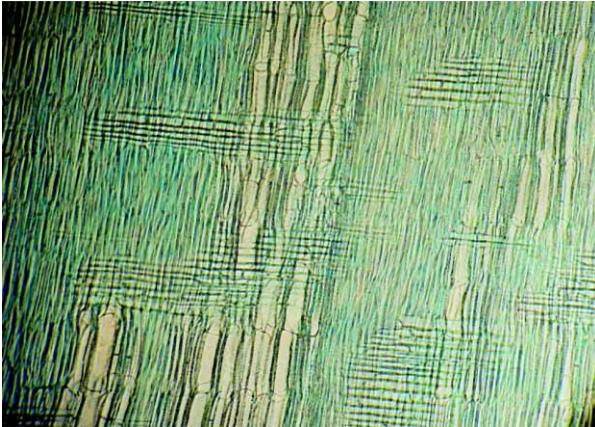
Figura 17.- *Baccharis obovata*



Sección tangencial 100x.

Sección radial

Los vasos presentan perforaciones simples, de forma circular a oval, puntuaciones intervasculares alternas, ornadas, y paredes con espesamientos helicoidales (Figura 18). Las traqueidas vasculares también tienen espesamientos helicoidales; largo promedio de vasos: 173 (234-122) μm; diámetro promedio: 23 (47-10) μm. Estos datos muestran que son vasos muy cortos y de diámetros muy pequeños. La longitud de los elementos vasculares disminuye con la aridez (Carlquist, 1966), pero la eficiencia en el transporte de agua a través de diámetros pequeños está asegurada, pues reduce el peligro de embolia (Giménez, 1993). Los radios son heterocelulares, están formados por células cuadradas en los extremos y células procumbentes en el interior. Las fibras tienen trayecto rectilíneo

Figura 18.- *Baccharis obovata*

Sección radial 100x.

a oblicuo; longitud promedio: 579 (848-242) μm , y diámetro promedio: 16 (21-10) μm ; además, se observaron fibrotraqueidas presentes.

Baccharis salicifolia

Área de dispersión

Especie frecuente en lugares arenosos y húmedos del oeste de América del Sur y de toda la Argentina y Chile (Cabrera, 1976) (Figura 19).

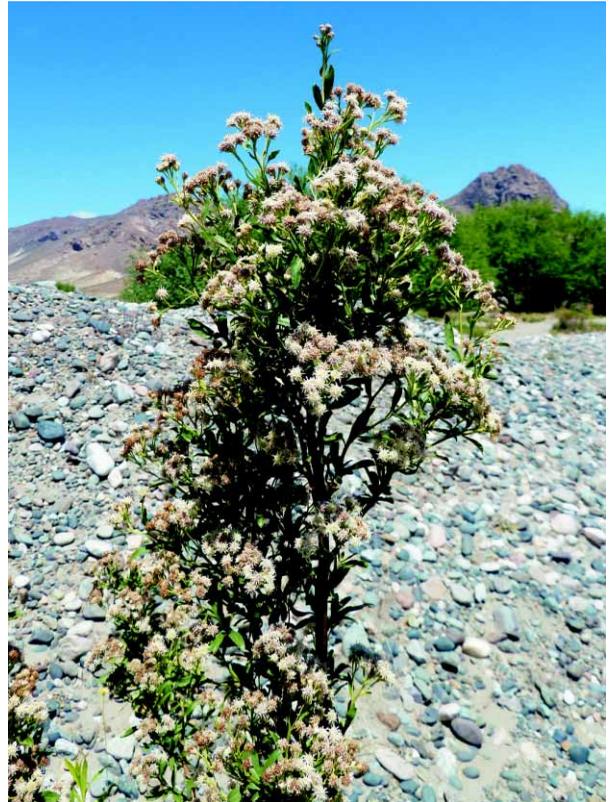
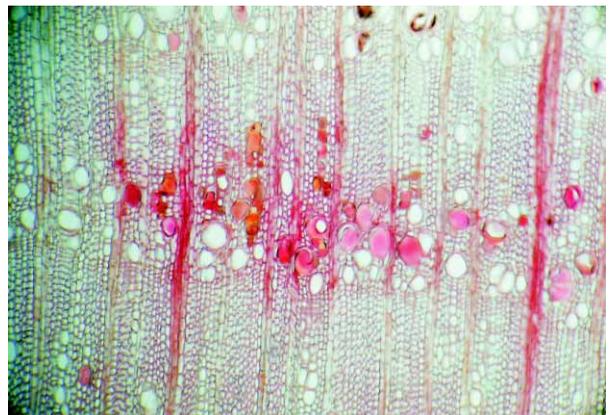
Características microscópicas del leño

Sección transversal

Porosidad circular a semicircular; poros múltiples radiales cortos (2 a 3) y largos (4 a 6); numerosos poros ocluidos por contenidos xilócromos. Parénquima vasicéntrico y marginal (Figura 20). El límite entre anillos está dado por células del parénquima marginal y las fibras, dispuestas en bandas anchas y angostas. Frecuencia promedio en superficie: 340 poros/ mm^2 . I de V = 0,05; mesomorfismo = 0,0002; I de F/V = 1,72.

Sección tangencial

El sistema de radios es heterogéneo, están formados por 1 a 4 células en ancho y en altura promedio: 30 (70-5) células. Se presentan algunos radios agregados y varios fusionados en sentido axial. Las células del parénquima axial y elementos de vasos se hallan parcialmente estratificados (Figura 21).

Figura 19.- *Baccharis salicifolia* (Ruiz et Pav.) Persoon (Asteraceae)**Figura 20.-** *Baccharis salicifolia*

Sección transversal 100x.

Sección radial

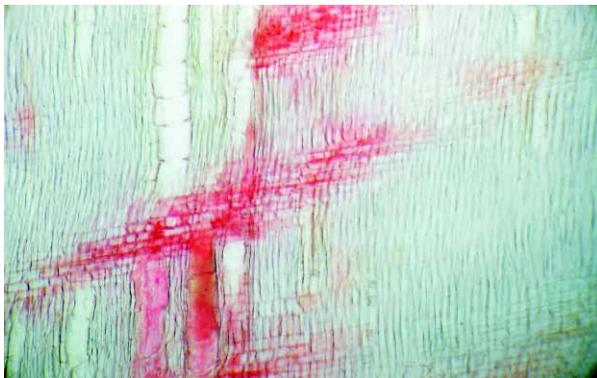
Los elementos de vasos son cortos, con perforaciones simples, puntuaciones intervasculares alternas a alturno-opuestas y paredes helicoidales; longitud media: 227 (290-182) μm y diámetro promedio: 16 (26-13) μm . La mayoría de los radios

Figura 21.- *Baccharis salicifolia*



Sección tangencial 100x.

Figura 22.- *Baccharis salicifolia*



Sección radial 100x.

son heterocelulares, formados por células procumbentes y cuadradas (Figura 22). En varias células están presentes drusas y ráfides; frecuencia lineal promedio: 8 (11-6) radios/mm, y frecuencia media en superficie: 15 radios/mm².

En material disociado se reconocieron: vasos angostos, fibras con extremos muy agudos y paredes finas; fibrotraqueidas, traqueidas vasculares y células de los parénquimas axial y radial. La longitud promedio de fibra es 390 (500-320) μ m, ancho medio: 7.2 (8-5) μ m, y espesor de pared: 2 μ m.

Clinopodium darwinii

Área de dispersión

Especie nativa que habita en la Patagonia Argentina y en el sur de Chile (Correa y Costaguta, 1999) (Figura 23).

Características microscópicas del leño

Sección transversal

Porosidad semicircular; poros en su mayoría solitarios y múltiples radiales cortos 2-3. Radios: 1-seriados, completos e incompletos, poco visibles (Figura 24). Fibras de contornos circulares, lúmenes reducidos y paredes gruesas. Parénquima: apotraqueal difuso. El límite entre anillos está formado por 2 a 3 hileras de fibras del leño tardío y la porosidad semicircular del leño temprano. La frecuencia promedio de poros en superficie: 298 poros/mm²; I de V = 0,06; mesomorfismo = 0,0002; I de F/ V = 1,51.

Sección tangencial

Los vasos presentan extremos oblicuos y paredes con espesamientos helicoidales. Los radios son 1-seriados, muy finos y difíciles de observar con el microscopio óptico. Están formados por varias células en altura, dispuestas en una sola hilera.

Figura 23.- *Clinopodium darwinii* (Benth.) Briquet (Lamiaceae)

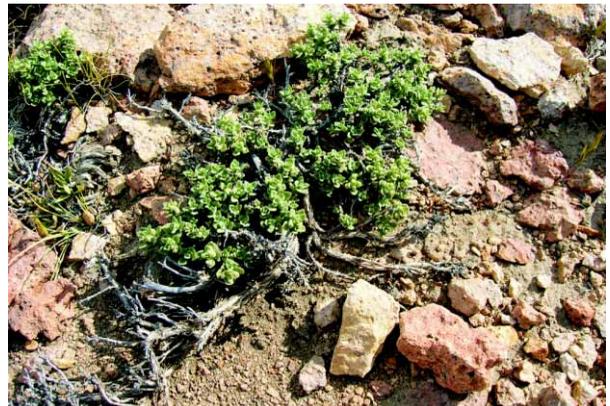
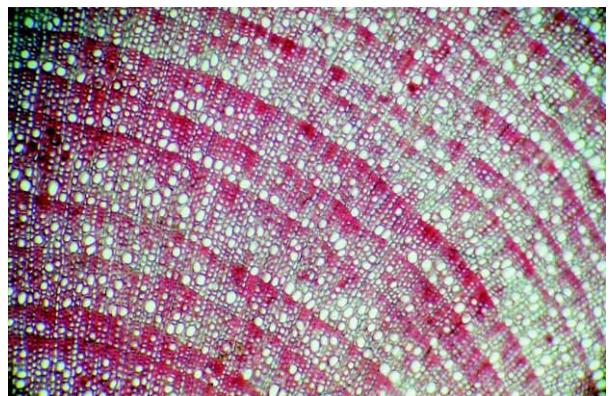


Figura 24.- *Clinopodium darwinii*



Sección transversal 100x.

Las células del parénquima axial son angostas, alargadas, tabicadas, de formas rectangulares, en series (Figura 25).

Sección radial

Vasos con perforaciones simples, circulares a ovales, puntuaciones intervasculares alternas y paredes con espesamientos helicoidales; traqueidas vasculares con espesamientos helicoidales igual que los vasos; fibrotraqueidas, células del parénquima axial con paredes gruesas y traqueidas vasicéntricas (Figura 26).

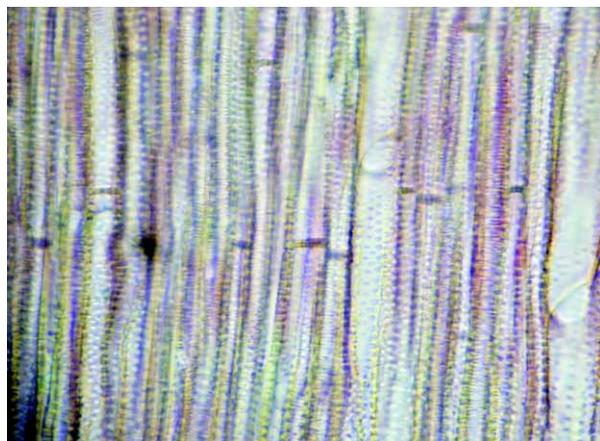
En material disociado se midieron fibras cortas de paredes gruesas y extremos muy agudos; longitud media: 302 (520-247) μm , traqueidas vasculares, células del parénquima axial, vasos con apéndices agudos, de longitud media: 200 (265-104) μm , y diámetro promedio: 18 (26-13) μm .

Figura 25.- *Clinopodium darwinii*



Sección tangencial 100x.

Figura 26.- *Clinopodium darwinii*



Sección radial 400x.

Los elementos anatómicos de *Clinopodium darwinii* tienen características distintas a los de las otras especies. Tal vez esta diferencia se deba a los sitios de altura y la exposición a las condiciones adversas del medio donde vive esta especie.

Corynabutilon bicolor

Área de dispersión

Especie del centro de Chile y de la Patagonia (Figura 27), habita en el oeste de Neuquén, Río Negro, Chubut y en el sur de Santa Cruz (Krapovickas, 1988).

Características microscópicas del leño secundario

Sección transversal

Porosidad circular a semicircular, en xilema temprano; poros solitarios, múltiples radiales cortos y largos, la mayoría ocluidos. En xilema tardío, disposición dendrítica y agrupados en racimos (Figura 28). La frecuencia promedio en superficie es de 480 poros/ mm^2 ; I de V = 0,05; mesomorfismo = 0,0003; I de F/V = 3,18.

Parénquima paratraqueal vasicéntrico, confluyente y marginal. Radios completos e incompletos. Fibras agrupadas en paquetes, de paredes gruesas y lúmenes reducidos.

Sección tangencial

En altura los radios están constituidos por más de 50 células, y en ancho, de 1 a 8; varios radios fusionados en sentido axial; frecuencia media en superficie: 32 (80-16) radios/ mm^2 , y frecuencia lineal media: 7 (10-5) radios/mm. El sistema de radios es heterogéneo (Figura 29).

Sección radial

Los radios son heterocelulares, están constituidos, en su mayoría, por células cuadradas y procumbentes. El parénquima axial presenta células tabicadas. Los elementos de vasos se disponen en estratos; paredes con refuerzos helicoidales, perforaciones simples en sus extremos y puntuaciones intervasculares alternas a alterno-opuestas (Figura 30).

En material disociado se obtuvo longitud promedio de vasos: 167 (203-130) μm , y diámetro medio: 22 (32-14) μm ; largo promedio de fibras: 531 (760-420) μm y ancho medio: 4 (5-3) μm . Se identificaron traqueidas vasculares, fibrotraqueidas, elementos de vasos con apéndices y células disyuntas de parénquima axial.

Figura 27.- *Corynabutilon bicolor* (Phil.ex K. Schum.) Kearney (Malvaceae)

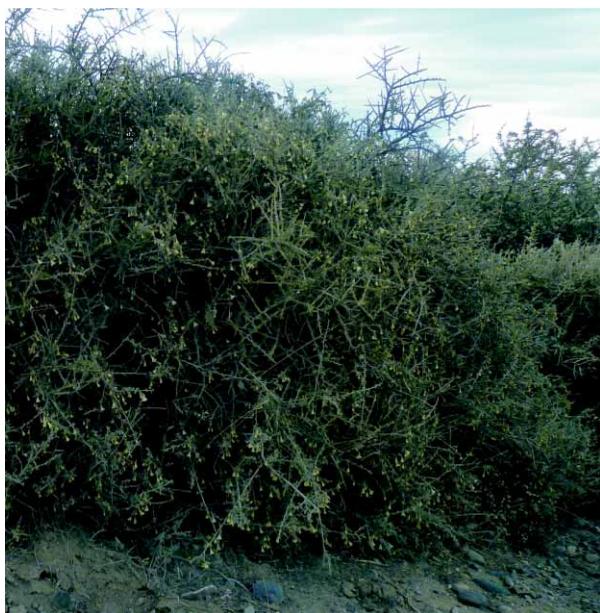
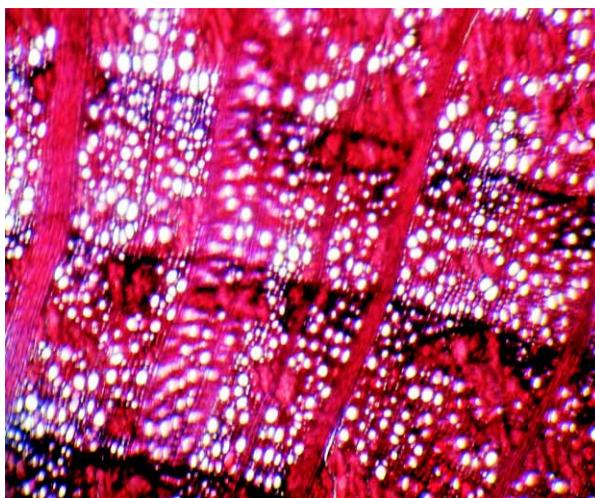
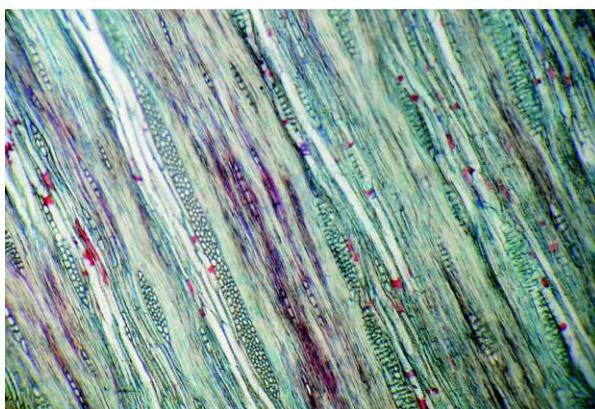


Figura 28.- *Corynabutilon bicolor*



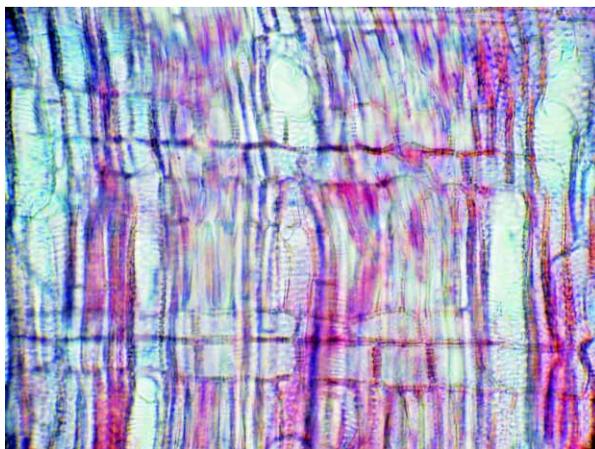
Sección transversal 100x.

Figura 29.- *Corynabutilon bicolor*



Sección tangencial 10x.

Figura 30.- *Corynabutilon bicolor*



Sección radial 400x.

Diostea juncea

Área de dispersión

Habita en los bosques y bordes de ríos y lagos, en la zona intermedia entre el bosque y la estepa (Botta, 1999) (Figura 31).

Características microscópicas del leño

Sección transversal

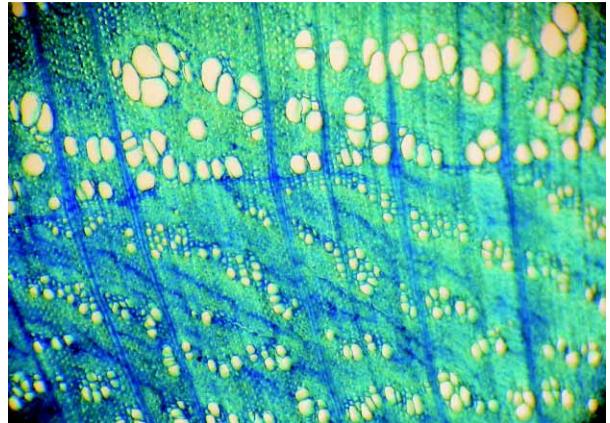
Al inicio de cada período de crecimiento, en la mayoría de los anillos se observa porosidad circular, y en otros, porosidad semicircular. Los poros se presentan solitarios, múltiples radiales cortos, largos y en cadena; en xilema tardío, disposición ulmoide y en racimos; poros ocluidos por tilosis; frecuencia promedio en superficie: 211 (524-101) poros/mm². La alta frecuencia de vasos agrupados es un carácter xeromórfico (Moglia y Giménez, 1998). La presencia de numerosos vasos pequeños en el leño tardío está asociada a una mayor seguridad en el flujo de agua (Villalba, 1985). I de V = 0,20; mesomorfismo = 0,0007; I de F/V = 2,04.

Figura 31.- *Diostea juncea* (Gillies et Hook) Miers (Verbenaceae)



El parénquima axial es del tipo paratraqueal vasicéntrico, completo e incompleto y apotraqueal marginal en el límite entre anillos (Figura 32).

Figura 32.- *Diostea juncea*

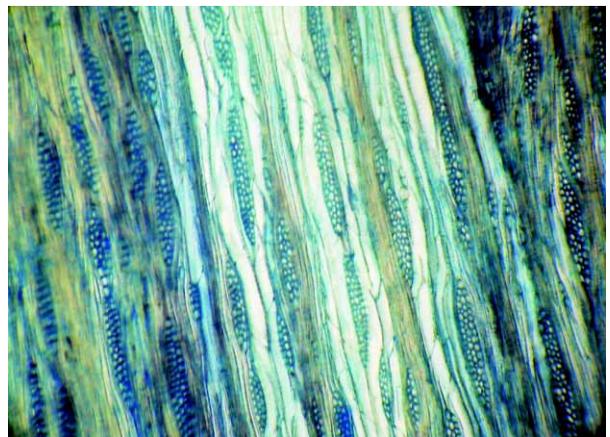


Sección transversal 100x.

Sección tangencial

Los radios son 1, 2, 3 y hasta 4-seriados; más abundantes los 3-seriados. El promedio en altura es de 18 (35-2) células/radio; la frecuencia lineal media: 9 (12-6) radios/mm; frecuencia media en superficie: 46 (60-34) radios/mm². El sistema de radios es homogéneo y en su mayoría se halla compuesto por radios homocelulares y escasos heterocelulares (Figura 33).

Figura 33.- *Diostea juncea*



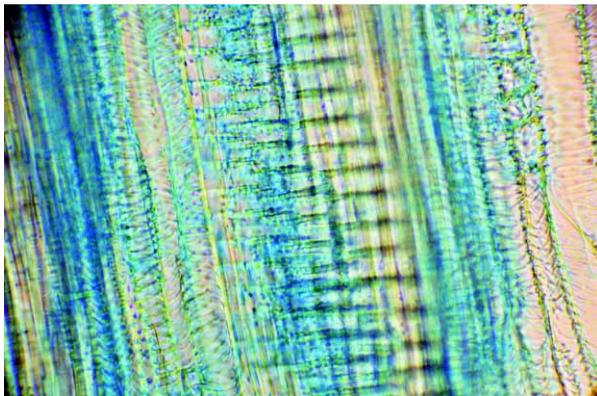
Sección tangencial 100x.

Sección radial

Los vasos tienen perforaciones simples, de formas circulares a ovaladas, dispuestas horizontales a oblicuas. Las puntuaciones intervasculares son alternas, y algunas alturno-opuestas. Todos los elementos de vasos y las traqueidas vasculares tienen sus paredes espiraladas. Según Carlquist (1989), solo se forman hacia el final del anillo de crecimiento, y reemplazan en el xilema tardío, a los vasos en las últimas capas de células del xilema (Figura 34). En los radios predominan las células procumbentes y, en menor porcentaje, en los radios heterocelulares, las células cuadradas en los extremos (Guerra y col., 2003).

Del material disociado se obtuvo, longitud promedio de fibras: 560 (604-403) μm con diámetro promedio de 21 (26-13) μm y espesor medio de pared 7,5 (9-5) μm ; longitud promedio de elementos de vaso: 274 (371-106) μm ; diámetro medio: 43 (78-18) μm .

Figura 34.- *Diostea juncea*



Sección radial 100x.

Discaria chacaye

Área de dispersión

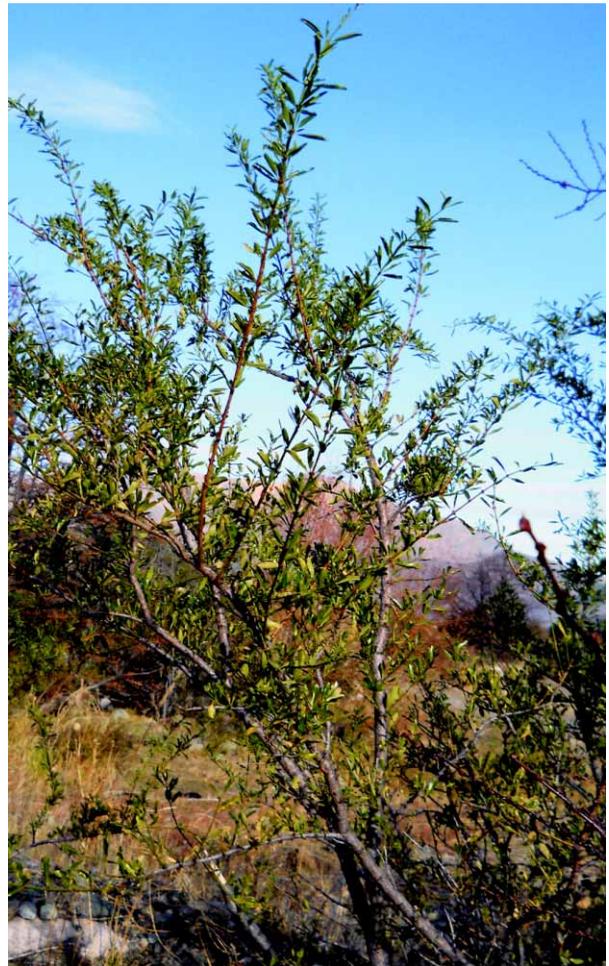
Crece en Chile y en Argentina, desde el NO de Neuquén hasta Tierra del Fuego (Figura 35). Ocupa nichos ecológicos variados: márgenes de ríos y arroyos, orillas de lagos, zonas de transición entre bosque y estepa, laderas subhúmedas y secas, y regiones elevadas de la cordillera (Tortosa, 1988).

Características microscópicas del leño

Sección transversal

Porosidad circular a semicircular; poros solitarios y agrupados, múltiples, radiales cortos y largos;

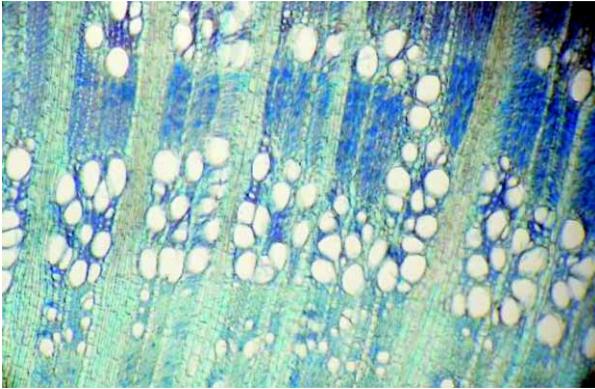
Figura 35.- *Discaria chacaye* (G. Don) Tortosa (Rhamnaceae)



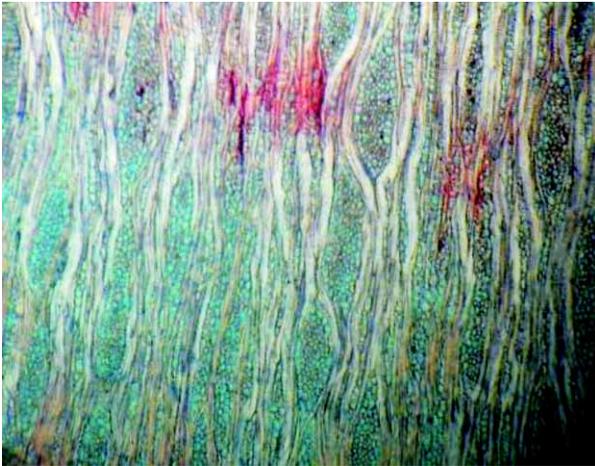
disposición ulmoide y dendrítica; frecuencia promedio en superficie: 192 (328-88) poros/ mm^2 . I de V = 0,23; mesomorfismo = 0,001; I de F/V = 3,04. El parénquima es de tipo paratraqueal vasicéntrico, completo e incompleto, confluyente, y también presenta células aisladas de parénquima apotraqueal difuso. Las fibras presentan lúmenes reducidos, paredes gruesas, y forma rectangular hacia el final de cada anillo de crecimiento. Se disponen de 3 a 5 filas, estableciendo límites entre anillos (Figura 36).

Sección tangencial

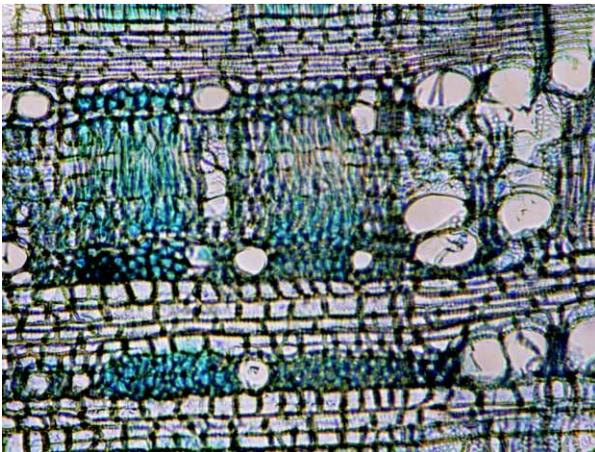
Radios uniseriados a multiseriados con 1-6 células, y predominan los de 5 y 6; heterogéneos, no estratificados. Se presentan radios agregados y fusionados en sentido axial, formando un solo radio

Figura 36.- *Discaria chacaye*

Sección transversal 400x.

Figura 37.- *Discaria chacaye*

Sección tangencial 100x.

Figura 38.- *Discaria chacaye*

Sección radial 400x.

con más de 100 células en altura (Figura 37). La frecuencia lineal promedio es: 15 (19-10) radios/mm; altura media 362 (716-95) μm ; ancho medio: 42 (76-14) μm ; en altura: 21 (49-4) células; ancho medio: 3 (10-1) células; frecuencia media en superficie: 146 (224-96) radios/ mm^2 .

Sección radial

Radios heterocelulares, constituidos por células cuadradas en los extremos y procumbentes en el centro; también, por células erectas. Los vasos presentan contornos circulares a ovales, perforaciones simples, y puntuaciones intervasculares alternas a alturno-opuestas; algunas puntuaciones coalescentes, a través de sus lúmenes, se asemejan a escalariformes (Figura 38). Las paredes tienen espesamientos helicoidales; longitud promedio de elementos de vasos: 182 (235-108) μm ; diámetro promedio: 44 (81-14) μm ; traqueidas vasculares presentes cerca de los vasos del leño tardío.

En material disociado las fibras tienen longitud promedio de: 554 (690-469) μm y ancho medio: 6 (8-4) μm ; longitud promedio de vasos: 182 (235-108) μm , con diámetro promedio: 44 (81-14) μm .

Fabiana imbricata

Área de dispersión

Especie frecuente desde el sur de Mendoza, hasta el centro de Chubut en la Argentina y desde Atacama hasta Valdivia en Chile (Del Vitto y Petenatti, 1999) (Figura 39).

Figura 39.- *Fabiana imbricata* Ruiz et Pavón (Solanaceae)

Características microscópicas del leño

Sección transversal

Porosidad circular en xilema temprano, al inicio de cada anillo; poros solitarios, múltiples cortos, largos y en cadena; frecuencia media en superficie: 352 poros/mm². I de V = 0,05; mesomorfismo = 0,0003; I de F/V = 3,79. Radios completos e incompletos. Fibras de paredes gruesas, lúmenes reducidos de formas ovales; leño con numerosas fibras gelatinosas. Parénquima paratraqueal vasicéntrico incompleto; escaso marginal en una y dos hileras tangenciales (Figura 40).

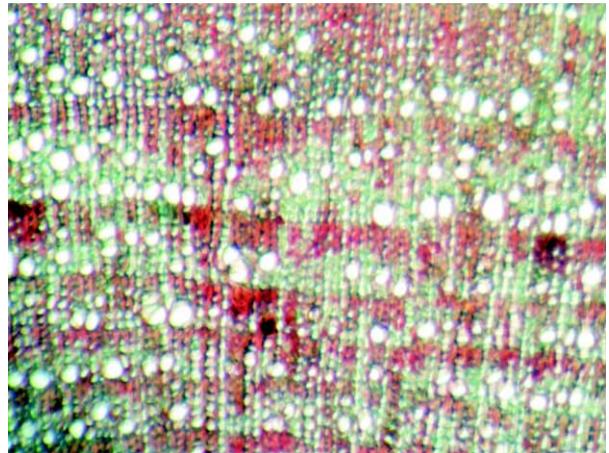
Sección tangencial

Elementos de vasos cortos, con extremos oblicuos; algunos con paredes espiraladas. Radios 1-seriados, y muy escasos 2-seriados. En altura están constituidos por 1 a 15 células, que contienen arenas cristalinas (Figura 41). La frecuencia lineal promedio es: 15 (18-10) radios/mm, y frecuencia media en superficie: 102 radios/mm². Fibras libriformes, de trayecto rectilíneo a oblicuo.

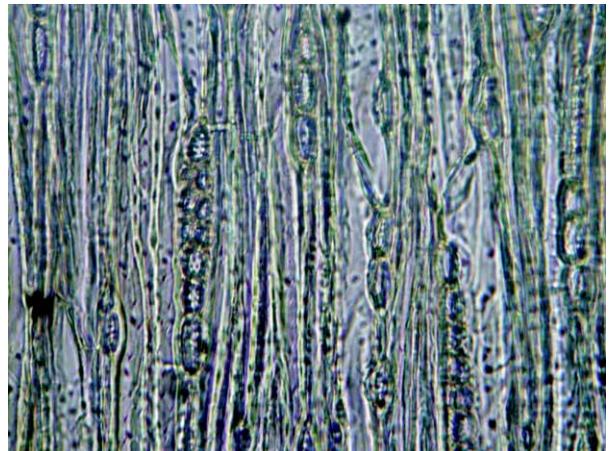
Sección radial

Los vasos tienen perforaciones simples, de contornos circulares a ovales; puntuaciones intervasculares alternas y alterno-opuestas con lúmenes ornados; paredes con espesamientos espiralados. Los radios son homocelulares, compuestos por células procumbentes; muy escasos radios heterocelulares con células cuadradas de bordes ondulados en los extremos; cristales prismáticos dispuestos en series cristalíferas en células del parénquima axial. Las células radiales almacenan contenidos diversos. El sistema de radios es heterogéneo (Figura 42).

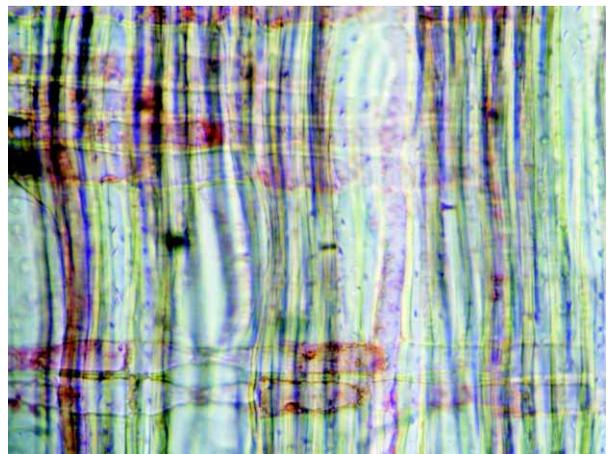
En mediciones de material disociado se obtuvo: longitud promedio de fibras 580 (750-450) μm ; ancho promedio: 7 (8-5) μm ; ancho de lumen: 2 μm y espesor de pared: 2,5 μm ; longitud media de vasos: 153 (202-117) μm y diámetro promedio: 18 (26-13) μm . Además de fibras, el leño contiene fibrotraqueidas, traqueidas vasicéntricas y células de parénquima axial.

Figura 40.- *Fabiana imbricata*

Sección transversal 40x.

Figura 41.- *Fabiana imbricata*

Sección tangencial 400x.

Figura 42.- *Fabiana imbricata*

Sección radial 400x.

Mulinum spinosum

Área de dispersión

Planta muy difundida como principal componente de la estepa herbáceo-arbustiva y sobre las laderas bajas de las montañas, desde San Juan y Mendoza hasta Santa Cruz, y en el sur de la provincia de Buenos Aires (Constance, 1988). Es subarbusto o arbusto espinoso, que forma matorrales redondos, por lo general glabro y de color glauco (Figura 43). Se considera a esta especie un complejo ampliamente distribuido, con gran variación ecológica y morfológica.

Figura 43.- *Mulinum spinosum* (Cav.) Persoon (Apiaceae)



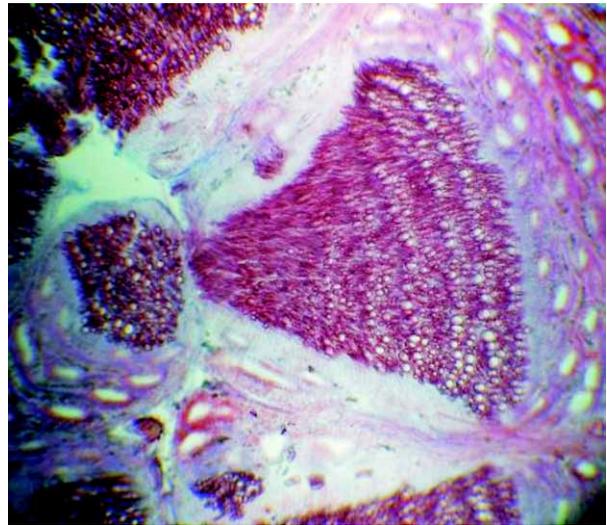
Características microscópicas del leño

Sección transversal

Porosidad: semicircular o subcircular; poros solitarios de contornos redondeados a ovales, dispuestos en hileras tangenciales. Radios: los radios medulares separan a los haces vasculares. Parénquima paratraqueal escaso. Fibras: agrupadas en paquetes de formas y posiciones variables e irregulares. La estructura interna del tallo es atípica, debido al cámbium inusual, por lo tanto, no se puede establecer con certeza la edad de crecimiento que pueden proporcionar los anillos de este subarbusto; se hallan ubicados muy próximos entre sí. El tallo presenta una estructura anatómica atípica (Menéndez y col., 1978). La estructura anómala no permite calcular el crecimiento de la planta sobre la base de los anillos (Ancibor, 1986).

En el extremo de los haces se ubican células de floema y abundantes drusas en el parénquima donde también se encuentran numerosos canales de resina con lúmenes amplios (Figura 44).

Figura 44.- *Mulinum spinosum*



Sección transversal 100x.

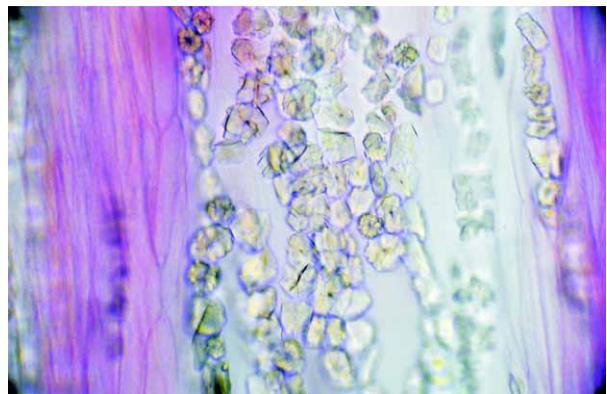
Sección tangencial

Los elementos de vasos tienen extremos oblicuos y las paredes rodeadas de espesamientos anulares. Las fibras son escasas y presentan trayecto rectilíneo. El parénquima axial tiene sus células dispuestas en serie, que contienen cantidad abundante de drusas y cristales prismáticos (Figura 45).

Sección radial

Se presentan los elementos de vasos con perforaciones simples y paredes rodeadas de espesamientos anulares, como en la sección tangencial; son cortos a medianos. Las células de parénquima de formas rectangulares y cuadradas están dispuestas en series (Figura 46).

Figura 45.- *Mulinum spinosum*



Sección tangencial 400x.

Figura 46.- *Mulinum spinosum*



Sección radial 400x.

Ochetophila trinervis

Área de dispersión

Vive en Chile y en el oeste de la Argentina, desde los 31° Long. oeste hasta 40° Lat. sur. Es frecuente en márgenes de ríos y arroyos; se encuentra en lugares húmedos de la estepa, formando a veces poblaciones más o menos extensas denominadas chacayales (Tortosa, 1988) (Figura 47).

Características microscópicas del leño

Sección transversal

Porosidad circular a semicircular, poros solitarios y múltiples radiales cortos, largos y varios agrupados. En algunos anillos los poros se distribuyen con disposición dendrítica y ulmoide; en otros se observa agrupación de poros en racimos hacia el final del crecimiento de cada año; frecuencia promedio en superficie: 206 (352-88) poros/mm². I de V = 0,15; mesomorfismo = 0,0008; I de F/V = 3,05.

Las fibras presentan formas diversas: circulares, ovaladas, poligonales, y otras.

Parénquima vasicéntrico, confluyente, marginal y escaso apotraqueal difuso (Figura 48).

Sección tangencial

Los radios no se hallan estratificados; son heterocelulares a homocelulares, 1 a 6 seriados; varios agregados y algunos fusionados en sentido axial; altura media: 284 (548-95) μ m; ancho medio: 44,3 (776-

Figura 47.- *Ochetophila trinervis* (Hooker et Arnott) Reiche (Rhamnaceae)

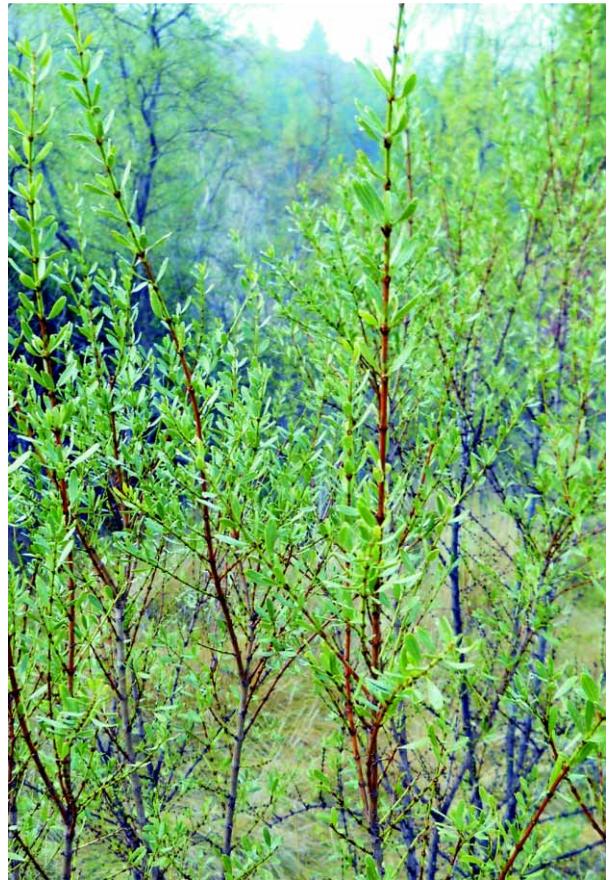
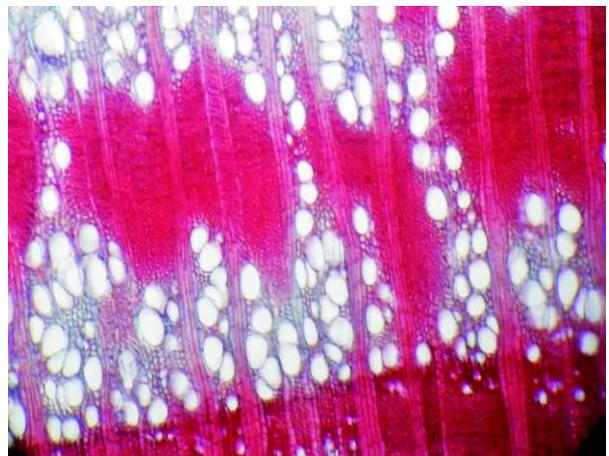
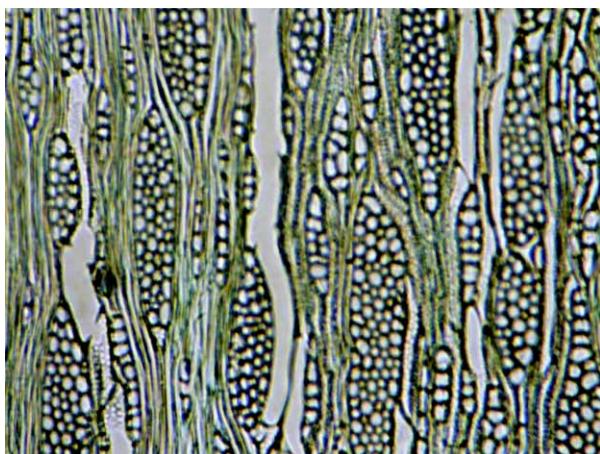


Figura 48.- *Ochetophila trinervis*



Sección transversal 400x.

14) μ m; promedio de células en altura. 16 (37-4) células; en ancho: 3 (6-1) células (Figura 49). La frecuencia lineal media: 13 (17-10) radios/mm, y frecuencia media en superficie: 157 (216-120) radios/mm².

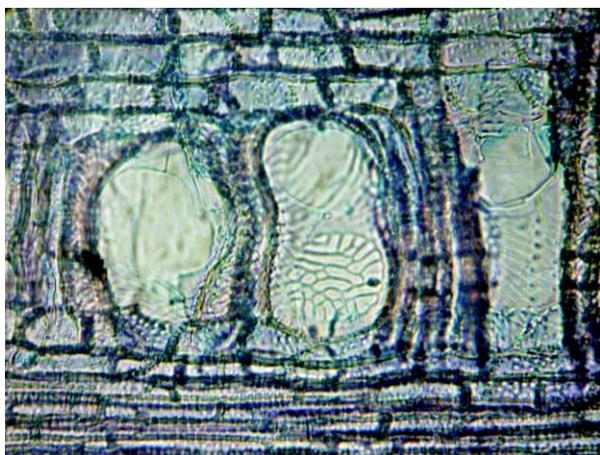
Figura 49.- *Ochetophila trinervis*

Sección tangencial 400x.

Sección radial

Los vasos tienen perforaciones simples, espesamientos helicoidales en sus paredes y puntuaciones intervasculares alternas a alterno-opuestas. Se han observado algunos vasos con perforaciones reticuladas, pero la mayoría tiene perforaciones simples. Los radios son heterocelulares a homocelulares (Figura 50).

En material disociado se obtuvo: longitud promedio de vasos: 189 (275-122) μm y diámetro medio: 31 (81-11) μm ; longitud promedio de fibras: 577 (800-396) μm , espesor de pared: 4 (5-3) μm ; también fibrotraqueidas presentes.

Figura 50.- *Ochetophila trinervis*

Sección radial 400x.

Schinus johnstonii**Área de dispersión**

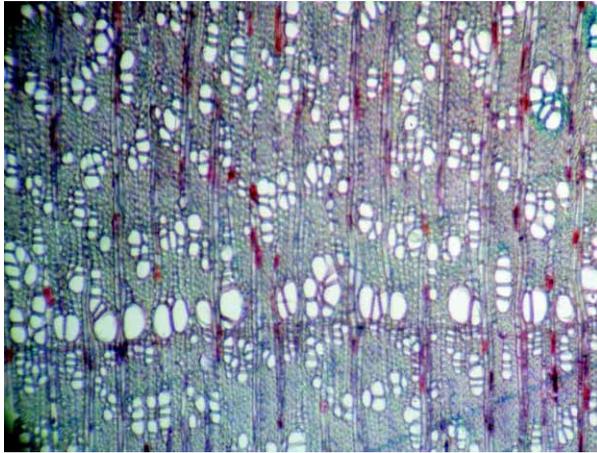
El “molle” es uno de los tantos arbustos característicos de las mesetas áridas, lomas y serranías patagónicas, que habita en el semidesierto patagónico, dilatada región de clima muy frío y desértico, sometido a fuertes y constantes vientos del oeste y sudoeste, de reducida humedad ambiental, intensa evaporación y fuertes nevadas en invierno (Ragonese, 1967).

El “molle” como arbusto alto, de 1 a 3 m (Figura 51), también está presente en algunos sectores de vegetación de la Provincia Fitogeográfica del Monte, en el extremo NE del Chubut (Bertiller y col., 2004). Especie patagónica muy frecuente en Santa Cruz, y es más escasa en Neuquén, Río Negro y Chubut (Múlgura de Romero, 1988).

Figura 51.- *Schinus johnstonii* (Cav.) Cabr. f. *chubutensis* (= *Sch. johnstonii* Barkley) (Anacardiaceae)**Características microscópicas del leño****Sección transversal**

Porosidad circular al inicio de cada anillo; solo en una hilera perpendicular a los radios. Poros solitarios, múltiples radiales cortos y largos; varios en cadena de 5 a 8 poros, de contornos circulares, pero más numerosos son los de formas ovales; disposición semi-ulmoide (Figura 52). En el xilema tardío se disponen agrupados en racimos; frecuencia media: 248 poros/ mm^2 ; I de V = 0,08; mesomorfismo = 0,0004; I de F/ V = 2,19.

Figura 52.- *Schinus johnstoni*



Sección transversal 400x.

Parénquima paratraqueal vasicéntrico incompleto y escaso.

Fibras de paredes gruesas, contornos circulares a ovales y lúmenes reducidos; longitud media: 440 (600-320) μm , ancho total medio: 14 (15-8) μm ; ancho medio de lumen: 3,12 μm y espesor medio de pared: 5,5 μm .

Sección tangencial

Radios fusiformes, 1 a 3-seriados, con predominio de los 2-seriados; homocelulares a heterocelulares; sistema de radios heterogéneo; abundantes cristales prismáticos y escasos canales gomíferos se hallan ubicados en los radios. Algunos radios se presentan agregados y otros, fusionados en sentido axial; altura media: 280 (663-112) μm y ancho medio: 24 (34-13) μm ; número promedio de células en altura: 18 (35-2), promedio de células en ancho: 2 (3-1), frecuencia lineal media: 13 (15-9) radios/mm, y frecuencia media en superficie: 27 radios/mm².

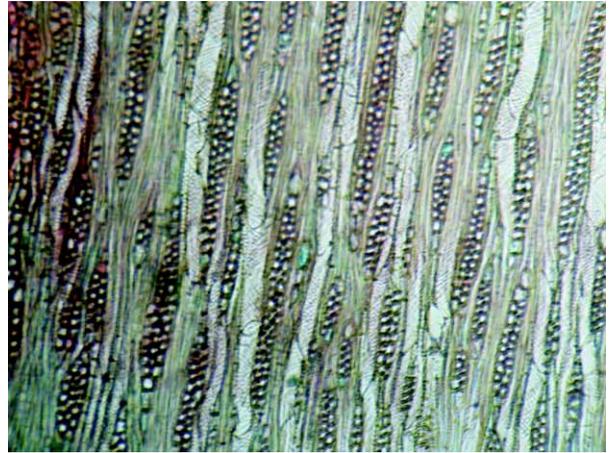
Los vasos son angostos, alargados y con extremos oblicuos, y las fibras, de trayecto rectilíneo a oblicuo; varias fibras septadas (Figura 53).

Sección radial

Vasos con perforaciones simples, paredes helicoidales y puntuaciones intervasculares alternas; longitud media de elementos: 201 (247-156) μm , y diámetro medio: 20 (36-10) μm .

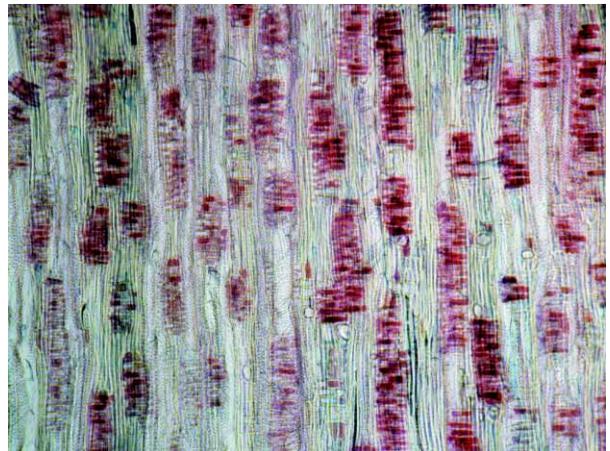
Radios homocelulares a heterocelulares; predominan las células procumbentes, y en los extremos erectas y radiales (Figura 54).

Figura 53.- *Schinus johnstoni*



Sección tangencial 100x.

Figura 54.- *Schinus johnstoni*



Sección radial 100x.

Schinus patagonicus

Área de dispersión

Especie muy frecuente en los bosques andino-patagónicos, desde Neuquén hasta Chubut y en los bosques andinos de Chile (Figura 55) (Múlgura de Romero, 1988).

Características microscópicas del leño

Sección transversal

Porosidad circular a semicircular, al comienzo de cada anillo de crecimiento; poros solitarios, múltiples radiales cortos, largos y en cadena; agrupados en racimos y con disposición ulmoide a semiulmoide. En

Figura 55.- *Schinus patagonicus* (Phil.) Johnston (Anacardiaceae)



algunos anillos se presenta disposición dendrítica; frecuencia promedio en superficie: 292 poros/mm²; I de V = 0,08; mesomorfismo = 0,0004; I de F/V = 2,65.

Parénquima paratraqueal vasicéntrico incompleto, muy escaso.

Fibras de paredes gruesas, lúmenes reducidos y contornos redondos a ovales (Figura 56).

Sección tangencial

Los elementos de vasos tienen extremos oblicuos y paredes helicoidales (Figura 57).

El sistema de radios es heterogéneo: 1 a 3 células en ancho, y en altura el promedio es: 22 (45-6) células, con escasos radios fusionados en sentido axial; presencia de canales gomíferos en algunos radios; frecuencia media en superficie: 102 radios/mm².

Las fibras están dispuestas en sentido rectilíneo a oblicuo; varias tabicadas.

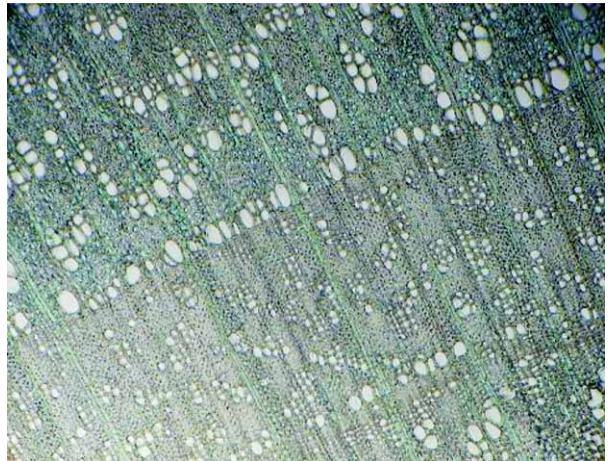
Sección radial

Los radios son heterocelulares, formados por células procumbentes y en los extremos cuadradas y erectas; cristales cúbicos y prismáticos presentes en células de los radios.

Los vasos tienen perforaciones simples, puntuaciones intervasculares alternas y paredes reforzadas con espesamientos espiralados o helicoidales (Figura 58).

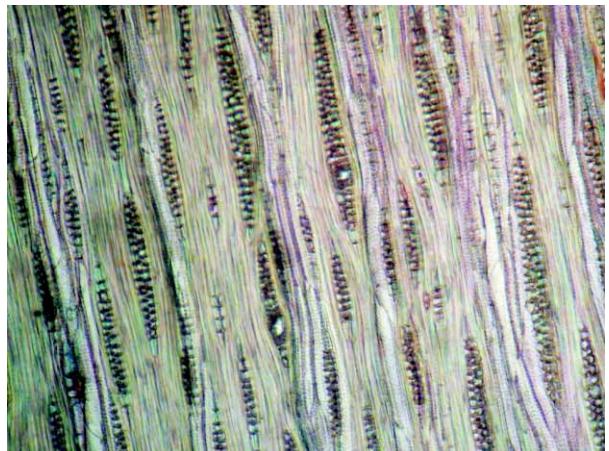
Del material disociado se obtuvo: longitud promedio de vasos: 185 (239-130) μm ; diámetro medio de: 23 (31-13) μm ; longitud media de fibras:

Figura 56.- *Schinus patagonicus*



Sección transversal 100x.

Figura 57.- *Schinus patagonicus*



Sección tangencial 100x.

Figura 58.- *Schinus patagonicus*



Sección radial 100x.

490 (600-450) μm ; ancho medio: 6,2 μm ; ancho de lumen: 1,7 μm y espesor de pared: 2,3 μm .

Extracción y análisis de los aceites esenciales por GC-FID-MS

De las catorce especies estudiadas, nueve contenían aceites esenciales, que representan el 64%. Las especies que presentaron contenido de aceites esenciales, así como los rendimientos promedio expresados en mililitro de aceite esencial por kilogramo de material seco, se presentan en la tabla 1.

En la tabla 2 se presentan las composiciones cualitativa y cuantitativa porcentual de los aceites esenciales determinada por GC-FID-MS.

Tabla 1. Especies, familia, contenido de aceites esenciales de las especies arbustivas estudiadas

Especie	Familia	RAE* (ml/kg)
<i>Adesmia boronioides</i>	Fabaceae	4.5
<i>Baccharis linearis</i>	Asteraceae	1.4
<i>Baccharis obovata</i>	Asteraceae	2.8
<i>Baccharis salicifolia</i>	Asteraceae	1.5
<i>Clinopodium darwinii</i>	Lamiaceae	1.6
<i>Fabiana imbricata</i>	Solanaceae	3.0
<i>Mulinum spinosum</i>	Apiaceae	2.4
<i>Schinus johnstonii</i>	Anacardiaceae	2.0
<i>Schinus patagonicus</i>	Anacardiaceae	2.0

*Rendimiento de aceite esencial.

Discusión

Las especies *Ameghinoa patagonica*, *Baccharis linearis*, *B. salicifolia*, *Corynabutilon bicolor*, *Fabiana imbricata*, *Clinopodium darwinii*, *Schinus patagonicus* y *Sch. johnstonii* tienen bajo índice de vulnerabilidad y habitan en lugares áridos de la estepa patagónica de Chubut. En cambio, *Adesmia boronioides*, *Baccharis obovata*, *Discaria chacaye*, *Ochetophila trinervis* y *Diostea juncea*, que habi-

tan en el sotobosque y ecotono y cuyas condiciones de aridez son moderadas, presentan valores de índice de vulnerabilidad levemente mayores.

En la sección transversal del leño de *Adesmia boronioides*, se halló al comienzo de cada anillo porosidad circular y semicircular, según las condiciones climáticas del año. Esta observación también fue descrita por Roig Juñet (1986) para los anillos de *Adesmia horrida* del valle de Uspallata, provincia de Mendoza; manifestó asimismo, que debido a las variaciones climáticas varía la distribución de los poros.

Los índices de vulnerabilidad de *Schinus patagonicus* y *Sch. johnstonii* son semejantes (0,08), a pesar de hallarse en sitios alejados. La "laura" (*Sch. patagonicus*) habita el sotobosque, y se extiende hasta el ecotono, pero el "molle" (*Sch. johnstonii*) se halla en la estepa en forma solitaria, en grupos o en macizos arbustivos. El índice de vulnerabilidad es quizás el indicador más importante que nos presenta características de las especies que habitan en sitios desfavorables. Este índice es útil como valor ecológico (Carlquist, 1977).

En vegetales sometidos a déficit hídrico, los elementos de vasos son menores, más agrupados y bastante numerosos (Appezato da Glória y Guerreiro, 2003). Los elementos de vasos cortos son los de longitud menor a 400 μm ; frecuencia media en superficie mayor de 200 poros/ mm^2 ; representan un importante aspecto de hábitats secos. Así también lo demuestran varios de los arbustos que hemos estudiado.

En las especies del género *Baccharis* se presenta desigual distribución de poros en los anillos de crecimiento del xilema temprano (Freire y col., 2007). Es *B. linearis* la especie que presenta mayor número de anillos con porosidad circular; en cambio, *B. obovata* y *B. salicifolia* tienen anillos con porosidad circular y semicircular. En *B. salicifolia* la mayoría de los poros están ocluidos por tilosis y contenidos orgánicos xilocromáticos. La abundancia de depósitos en los tejidos está correlacionada con las estaciones secas (Watkins, 1939).

En el xilema tardío de *B. linearis* y *B. obovata* se observó una distribución de poros en zigzag, mientras que en *B. salicifolia* se observaron poros solitarios, múltiples radiales cortos y largos. En la sección radial de *B. obovata*, sus elementos de vasos se disponen estratificados mientras que en *B. linearis* y *B. salicifolia* su estratificación es parcial.

Tabla 2. Composición química cualitativa y cuantitativa porcentual de los aceites esenciales analizados por GC-FID-MS

Compuesto	IR	<i>Adesmia boronioides</i>	<i>Baccharis linearis</i>	<i>Baccharis obovata</i>	<i>Baccharis salicifolia</i>	<i>Clinopodium darwini</i>	<i>Fabiana imbricata</i>	<i>Mulinum spinosum</i>	<i>Schimus johnstonii</i>	<i>Schimus patagonicus</i>
heptano	700	-	-	-	-	-	-	0,1	t	-
hexanal	702	-	-	-	-	-	-	t	t	-
trans-2-hexenal	846	0,1	-	-	-	-	-	-	t	-
n-nonano	900	-	-	-	-	-	-	t	t	-
alfa-tuyeno	933	-	0,5	5,0	2,5	t	0,1	0,3	0,2	0,9
tricicleno	937	-	-	-	-	-	50,7	-	-	-
alfa-pineno	945	7,7	4,0	12,6	1,7	0,8	4,20	40,5	16,5	7,5
tuya-2,4(10)-dieno	947	0,1	-	-	-	-	-	0,1	-	-
canfeno	961	-	-	-	-	-	15,6	3,0	0,2	-
sabineno	983	-	0,7	7,7	0,3	0,2	-	0,1	0,4	35,0
mirceno	992	-	0,7	2,9	1,7	0,2	0,5	2,0	1,1	2,0
beta-pineno	996	0,9	13,7	21,6	1,8	1,4	0,2	1,2	3,0	7,5
3-hexen-2-ona	1001	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
verbeneno	1004	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
alfa-felandreno	1017	-	2,0	0,1	6,1	-	0,1	-	13,6	-
delta-3-careno	1019	-	2,2	0,1	-	0,2	-	t	0,8	1,9
alfa-terpineno	1025	0,1	0,1	0,5	0,2	-	-	t	0,1	0,9
p-cimeno	1034	0,5	0,6	1,1	0,5	0,7	2,5	0,2	3,2	5,1
limoneno	1038	0,3	27,0	20,0	2,9	4,8	2,6	6,2	4,4	0,5
1,8 cineol	1042	0,1	-	-	-	1,0	-	-	2,3	-
beta-felandreno	1043	-	0,7	0,3	0,0	-	-	3,3	-	0,5
Z-beta-ocimeno	1044	-	0,5	1,1	4,2	-	-	t	-	-
E-beta-ocimeno	1048	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,8
gamma-terpineno	1065	0,3	0,2	0,8	0,9	-	t	t	0,1	1,0
terpinoleno	1095	0,2	0,5	0,5	2,7	-	t	0,3	1,0	0,4
n-undecano	1100	-	-	-	-	-	-	-	t	-
linalol	1105	0,2	0,5	0,3	t	1,3	1,0	-	0,4	-
alfa-canfolenal	1140	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-
cis-p-menten-2-ol	1143	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
E-sabinol	1155	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
mentona	1171	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-
2-metoxi-3-sec-butil pirazina	1175	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-
iso-mentona	1178	-	-	-	-	12,1	-	-	-	-
2-metoxi-3-isobutil pirazina	1182	-	-	-	-	-	-	t	-	-
iso-pulegona	1185	-	-	-	-	1,8	-	-	-	-
borneol	1188	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-
terpinen-4-ol	1197	0,9	0,4	5,9	0,6	-	3,2	t	0,1	5,1
p-cimen-8-ol	1199	-	-	-	-	-	-	0,2	-	0,4
n-decanal	1208	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4
mirtenal	1213	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
alfa-terpineol	1211	0,2	0,7	0,5	t	0,4	0,2	t	0,3	0,2
nerol	1228	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
verbenona	1228	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
trans-carveol	1235	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
citronelol	1231	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-

Tabla 2. (cont.)

Compuesto	IR	<i>Adesmia boronioides</i>	<i>Baccharis linearis</i>	<i>Baccharis obovata</i>	<i>Baccharis salicifolia</i>	<i>Climopodium darwinii</i>	<i>Fabiana imbricata</i>	<i>Mulinum spinosum</i>	<i>Schimus johnstonii</i>	<i>Schimus patagonicus</i>
timol metil éter	1231	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-
isovalerianato de cis-3-hexenilo ^b	1236	-	0,5	0,1	0,1	-	-	-	-	-
pulegona	1250	-	-	-	-	67,1	-	-	-	-
geraniol	1256	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
<i>E</i> -2-decenal	1263	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2
geranial	1277	-	-	-	-	-	-	-	t	-
timol	1295	-	-	-	-	0,5	-	-	-	0,3
acetato de bornilo	1296	-	-	-	-	-	1,5	-	-	-
carvacrol	1298	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-
tiglato de hexilo	1310	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-
acetato de citronelilo	1348	-	t	-	t	-	-	-	-	-
piperitenona	1352	-	-	-	-	1,5	-	-	-	-
alfa-cubebeno	1357	1,1	0,2	-	t	-	-	-	-	-
acetato de geraniol	1378	-	0,4	-	t	-	-	-	-	-
alfa-copaeno	1387	1,5	0,5	-	-	-	-	-	0,1	0,8
dodecanal	1396	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5
beta-elemeno	1400	-	0,3	1,7	-	-	-	0,5	-	2,2
beta-copaeno	1401	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
gamma-elemeno	1436	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>E</i> -cariofileno	1437	-	4,2	0,1	0,4	-	-	0,2	8,2	9,5
aromadendreno	1454	-	0,3	-	-	-	-	2,5	0,1	0,5
6,9-guaiadieno	1454	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Z</i> -beta-farneseno	1455	-	0,0	0,3	0,8	-	-	-	-	-
trans-muurolen-3,5-dieno	1467	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-
alfa-humuleno	1472	-	1,1	-	t	-	-	2,3	0,6	0,8
allo-aromadendreno	1479	0,6	-	-	-	-	-	-	t	0,2
trans-cadinen-1(6)-4 dieno	1486	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-
gamma- muuroleno	1487	1,3	0,7	0,3	0,2	-	-	-	-	-
ar-curcumeno	1488	-	-	-	-	-	2,6	-	-	-
gamma-amorfeno	1491	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2
germacreno D	1496	-	2,3	0,4	1,4	-	-	-	0,6	5,4
cis-4,10-epoxi-amorfano	1496	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
viridifloreno	1497	-	-	-	-	-	-	1,9	-	-
eudesma-4(14),11-dieno	1504	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4
10,11-epoxi-calameneno	1506	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
trans-muurolo-4(14),5-dieno	1510	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
alfa-muuroleno	1512	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-
cubebol	1512	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-
biciclogermacreno	1513	-	4,5	0,3	-	-	-	15,5	20,7	1,2
10-epi-cubebol	1516	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
cis-beta-guaieno	1518	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
esquel-6-en-9-ona	1521	13,3	-	-	-	-	-	-	-	-
gamma-cadineno	1526	-	0,6	-	t	-	-	t	0,3	-
cis-dihidro-agararofurano	1527	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 2. (cont.)

Compuesto	IR	<i>Adesmia boronioides</i>	<i>Baccharis linearis</i>	<i>Baccharis obovata</i>	<i>Baccharis salicifolia</i>	<i>Clinopodium darwinii</i>	<i>Fabiana imbricata</i>	<i>Mulinum spinosum</i>	<i>Schinus johnstonii</i>	<i>Schinus patagonicus</i>
delta-cadineno	1530	11,9	3,9	0,4	1,1	-	0,3	t	0,1	2,7
iso-ledeno	1533	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-
cis-calameneno	1538	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-
furopelargona A	1540	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
7- <i>epi</i> -alfa-selineno	1540	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2
trans-cadinen-1,4-dieno	1547	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-
alfa-calacoreno ^b	1556	0,1	0,3	t	0,3	-	-	-	-	-
alfa-copaen-11-ol	1560	7,6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>E</i> -nerolidol	1566	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
alfa-agarofurano	1569	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
germacreno B	1570	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1
palustrol	1589	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
furopelargona B	1595	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-
espatulenol	1596	-	1,9	1,3	t	1,0	-	17,5	6,1	1,7
óxido de cariofileno	1601	-	0,3	-	-	-	-	-	0,2	1,1
gleenol	1603	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
globulol	1637	-	1,5	-	-	-	-	-	0,8	-
viridiflorol	1614	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-
isosesquelenona ^a	1616	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-
esquel-7-en-9-ona	1621	8,8	-	-	-	-	-	-	-	-
ledol	1626	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-
1- <i>epi</i> -cubenol	1641	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-
cis-cadin-4-en-7-ol ^b	1655	-	0,0	-	10,7	-	-	-	-	-
tau-cadinol	1658	-	1,3	0,2	t	-	-	-	-	-
torreyol	1660	0,5	0,3	-	-	-	-	-	-	-
cubenol	1667	1,6	-	-	-	-	-	-	-	0,3
acetato de guayilo	1668	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
tau-muurolol	1673	-	0,9	0,3	-	-	-	-	-	-
alfa-cadinol	1673	-	1,5	0,6	-	-	-	-	0,6	0,4
desconocido 1	1684	-	-	-	7,9	-	-	-	-	-
4-alfa-hidroxi-dihidroagarofurano	1688	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-
desconocido 2	1741	-	-	-	2,4	-	-	-	-	-
trans-2-trans-6-farnesol	1742	-	-	-	-	-	-	-	0,9	-
desconocido 3	1756	-	-	-	4,9	-	-	-	-	-
desconocido 4	1779	-	-	-	14,1	-	-	-	-	-
desconocido 5	1800	-	-	-	4,9	-	-	-	-	-
Total		92,6	83,2	86,9	75,3	97,6	85,9	98,5	91,6	99,7
Monoterpenos hidrocarburos		10,2	52,9	73,7	22,5	76,5	8,1	58,1	47,1	63,5
Monoterpenos oxigenados		2,9	2,6	7,2	3,5	6,5	88,5	-	4,3	6,9
Sesquiterpenos hidrocarburos		30,0	18,9	3,6	4,3	2,9	-	22,9	30,9	25,8
Sesquiterpenos oxigenados		49,5	8,4	2,4	45,0	-	1,0	17,5	8,8	3,5

Compuestos listados por orden de elución en columna no polar. IR: Índice de retención (columna no polar); a: isómero no identificado; b Identificación tentativa; t: cc < a 0,05%.

La distribución de los poros en xilema temprano, y la disposición y la agrupación que adquieren en xilema tardío, es una característica de varias especies patagónicas xerófitas. Este aspecto se considera un rasgo de adaptación a las condiciones de aridez (Giménez, 1988).

Los elementos anatómicos de especies del género *Discaria* tienen semejanzas en su distribución; porosidad circular a semicircular, disposición dendrítica, disposición ulmoide, radios agregados y algunos fusionados en sentido axial; parénquima paratraqueal vasicéntrico completo e incompleto, escaso apotraqueal difuso y marginal; solo difieren en dimensiones según la especie.

En *Ochetophila trinervis* se observaron vasos con perforaciones reticuladas en sus extremos, pero la mayoría tiene perforaciones simples. Las placas reticuladas podrían considerarse como resabios de un carácter evolutivo, precedente a las actuales placas de perforación simple (Roig Juñet, 1986). Este autor también observó, en vasos de esta especie, la presencia de perforaciones reticuladas, que no han sido halladas en *D. chacaye*. Además, coincidimos en varios aspectos con los datos obtenidos por Record (1939), en lo referente a la descripción de su leño (= *D. serratifolia* Vent. B. & H. f.).

Los radios de *Ochetophila trinervis* presentan varias células perforadas. Este rasgo anatómico ha sido observado por Giménez (2004) en el leño del “sapiroanguí” u “horquetero” (*Tabermontana catharinensis*), arbusto nativo del Distrito Oriental Chaqueño. Estas perforaciones radiales son consideradas vasos radiales (Bottosso y Vidal Gómez, 1982), y suelen denominarse perforaciones radiovasculares.

En general, se obtuvieron valores altos de frecuencia de poros/mm². La alta frecuencia de vasos/mm² confiere al leño una ventaja potencial en la eficiencia de la conducción (Carlquist, 1988). Este autor ha realizado estudios en el leño de arbustos del chaparral americano, cuyos resultados son semejantes a los arbustos de nuestra estepa patagónica, ya que la mayoría tiene frecuencias en superficie mayor que 200 poros/mm², y por lo tanto, presentan una alta frecuencia (IAWA, 1989). La alta densidad de vasos está relacionada con xerofitismo y mesomorfismo (Carlquist, 1988).

El diámetro del lumen de los vasos, en todas las especies fue menor que 50 µm. En arbustos, el diámetro de los vasos es por lo general inferior que

50 µm (IAWA, 1989). Los resultados que hemos obtenido coinciden con lo que establece la IAWA.

Se estima que existe una relación entre el acortamiento de vasos con los sitios xerófitos habitados. Según Moglia y Giménez (1998), los elementos vasculares más cortos son más fuertes, pueden resistir grandes presiones y embolias en mayor grado que los vasos largos. Nuestros arbustos presentan esta característica.

Los espesamientos espiralados brindan mayor resistencia a las paredes de los vasos (Zimmerman, 1983). Los arbustos del chaparral del sur de California tienen vasos con espesamientos espiralados en sus paredes (Watkins, 1939). Según Carlquist (1988), los factores ecológicos están relacionados con los espesamientos helicoidales. Las paredes de elementos de vasos de la mayoría de los arbustos patagónicos están reforzadas con espesamientos helicoidales.

El parénquima paratraqueal confluyente representa una perfecta comunicación entre el parénquima axial y el radial. En las zonas áridas y semiáridas, el parénquima desempeña un rol fundamental en la tarea de acumulación de sustancias de reserva, así como en el proceso de translocación de azúcares (Giménez de Bolsón, 1993). También hallamos este tipo de parénquima en el leño de varios arbustos del ecotono-estepa.

Se consideran como valores óptimos de índice de fibras/vasos a los que se hallan en un rango de 1 a 2,6 en grupos especializados (Carlquist, 1975). Los valores obtenidos en *Ameghinoa patagonica* (1,4), *Baccharis salicifolia* (1,7), *Diostea juncea* (2,3), *Clinopodium darwinii* (1,5) y *Schinus johnstonii* (2,2), están comprendidos dentro de los límites establecidos. Por lo tanto, inferimos que el leño de estos arbustos tiene un cierto grado de especialización.

El “té pampa” (*Clinopodium darwinii*) es la especie que habita en los sitios más fríos y secos, donde las condiciones climáticas son muy desfavorables para otras especies patagónicas. Sin embargo, los elementos anatómicos de su leño se adaptan a las características xerófitas del sitio.

La “ameguinoa” (*Ameghinoa patagonica*) tiene elementos de conducción axial más pequeños (en longitud y diámetro) que las demás especies, pero tiene una alta frecuencia de poros/mm² que le facilita la conducción.

Se han observado pequeños cristales cúbicos en células de parénquima axial de algunas especies, y

en otras, en células del parénquima radial. Los cristales pueden estar presentes en células subdivididas de los parénquimas axial o radial, con formación de series cristalíferas (Apezato da Gloria y Carmello Guerreiro, 2003).

En *Schinus patagonicus* y *Sch. johnstonii* algunos radios contienen canales gomíferos; varios están fusionados axialmente, y otros, agregados. En *Sch. johnstonii* los cristales son más abundantes que en *Sch. patagonicus*.

En vegetales sometidos a déficit hídrico, los elementos de vasos son menores, más agrupados y bastante numerosos (Apezato da Glória y Carmello Guerreiro, 2003). Los tejidos conductores de agua, en plantas del chaparral, están bien desarrollados (Watkins, 1939). Estos aspectos son característicos de nuestros arbustos patagónicos.

En la zona de ecotono y estepa abundan los arbustos con porosidad circular en el xilema temprano. Se considera importante para la conducción de agua la presencia de poros dispuestos en anillos (Moglia y Giménez, 1998). Por lo tanto, coincidimos con estas autoras.

La presencia de traqueidas vasculares en algunas especies y de traqueidas vasicéntricas en otras, contribuyen a evitar las embolias en la estructura anatómica del leño. Las traqueidas vasicéntricas forman un sistema subsidiario de conducción, necesario cuando no existen los vasos agrupados (Moglia y Giménez, 1998). Este aspecto es característico en *Clinopodium darwinii* y *Ameghinoa patagonica*.

En especies productoras de metabolitos secundarios volátiles se determinaron que los rendimientos, expresados en ml de aceite esencial por kg de material vegetal, oscilaron entre 1,4 y 4,5. El análisis de las composiciones cualitativa y cuantitativa porcentual de los aceites esenciales mostró composiciones muy variadas. Algunas, caracterizadas por un predominio de monoterpenos, en general hidrocarburos, como en *B. obovata*, *F. imbricata*, *Mulinum spinosum* y *Schinus patagonica*, aunque el componente mayoritario identificado en *Clinopodium darwinii* fue la pulegona, un monoterpeno oxigenado. Las composiciones cualitativas encontradas en estas muestras resultaron similares a las que fueron publicadas (González y col., 2004b, 2010, 2011; Malizia y col., 2005b). En cambio, las composiciones de *Baccharis salicifolia* y *Adesmia boronioides* mostraron tener un alto porcentaje de sesquiterpenos. Particularmente la última especie presentó compuestos sesquiterpénicos

oxigenados con estructuras novedosas, cuyos nombres refieren a la ciudad de Esquel como lugar de origen: esquelenona e isoescuquenona (González y col., 2004b). Las demás especies presentaron composiciones con porcentajes bastante equivalentes de monoterpenos y sesquiterpenos, en concordancia con los datos informados (González y col., 2004a; Malizia y col., 2005a; van Baren, 2008).

Conclusiones

Las diferentes especies nativas del ecotono y de la estepa del Chubut, por medio de los índices de vulnerabilidad y fibras/vasos, responden a las características ecológicas de los sitios xerófitos.

La mayoría de los arbustos tienen vasos con espesamientos espiralados en sus paredes, perforaciones simples y puntuaciones intervascuales alternas. Estos caracteres anatómicos demuestran, desde el punto de vista filogenético, que sus leños han evolucionado.

En general, todos presentan alta frecuencia en superficie de poros/mm² y radios/mm², que favorecen la conducción en sentidos axial y radial.

En *Ochetophila trinervis* solo se hallaron perforaciones reticuladas en el extremo de pocos vasos, y en *D. chacaye*, varias perforaciones radiovasculares.

A pesar de los sitios adversos que habitan numerosas especies elaboran y tienen componentes químicos en su follaje y estructura anatómica con potencial interés industrial. Estas propiedades conllevan que debemos proteger y valorar nuestra flora autóctona, como así también las especies exóticas naturalizadas en la Patagonia Argentina.

Si bien las especies estudiadas representan un pequeño número de las arbustivas que habitan el ecotono-estepa, son lo suficientemente representativas de estos ambientes por su relativa abundancia. En un número importante de las especies estudiadas se determinó la presencia de aceites esenciales, resultado que estaría en concordancia con algunas hipótesis que plantean la biosíntesis de estos metabolitos secundarios como adaptación a las condiciones xerófitas, entre otras funciones. Sin embargo, en el estudio cuali-cuantitativo no se observaron correlaciones de estos metabolitos secundarios entre especies pertenecientes a un mismo género ni característicos de una familia.

Agradecimientos

Al personal de la Estación Forestal INTA-Aldea Escolar, Provincia del Chubut; a la Dra. Catalina M. van Baren y al Dr. Arnaldo L. Bandoni por sus valiosos aportes. A la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco-Programa CIPAMCO, a la Universidad de Buenos Aires (proyectos 20020100100348 y 20020090200401) y a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (proyecto PICT 2008-1969).

Referencias bibliográficas

- Adams, R.P. (2007). *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography / Mass Spectrometry*. 4th ed., Allured, Carol Stream, IL.
- Appezato-da-Glória, B.; Carmello-Guerreiro, S.M. (2003). *Anatomía Vegetal*. Edit. UFV. Univ. Federal de Viçosa. Brasil: 438.
- Bertiller, M.B.; Bisigato, A.J.; Carrera, A.L.; del Valle, H.F. (2004). "Estructura de la Vegetación y Funcionamiento de los Ecosistemas del Monte Chubutense". *Bol. Soc. Argentina de Botánica* 39(3-4): 139-158.
- Bezic, N.; Dunkic, V.; Rdonic, A. (2003). "Anatomical and chemical adaptation of *Spatium junceum* L. in arid habitat". *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* 45/2: 43-47.
- Botta, S.M. (1999). En: Correa, M.N. (ed.). *Flora Patagónica*. Tomo VIII. Parte VI. Colección Científica INTA. Bs. As.: 536.
- Bottozzo, D.; Vidal Gómez, A. (1982). "Radial vessel and series of perforated ray cellin Annonaceae". *IAWA Bull.* NS: 3: 39-44.
- Cabrera, A.L. (1971). En: Correa, M.N. (ed.). *Flora Patagónica*. Compositae. Parte VII, Colección Científica INTA. Bs. As.: 451.
- Cabrera, A.L. (1976). "Regiones Fitogeográficas". *Enciclopedia Argentina de Agric. y Jardinería*. 2^a ed. Fasc. 1. Tomo II. ACME. Bs. As.: 64-75.
- Carlquist, S. (1966). "Wood Anatomy of Compositae. A summary with comments on factors controlling wood evolution". *Aliso* 6(2): 25-44.
- Carlquist, S. (1975). *Ecological strategies of xylem evolution*. Universidad de California Press, Berkeley, 259.
- Carlquist, S. (1977). "Ecological factors in wood evolution, a floristic approach". *Ann. J. Bot.* 6: 887-896.
- Carlquist, S. (1988). "Comparative wood anatomy". *Systematic, Ecological and evolutionary aspect of Dicotyledons wood*. Springer, Berlin, Heilderberg, New York: 460.
- Carlquist, S. (1989). *Adaptative Wood Anatomy of Chaparral Shrubs*. N° 34. Science Series Natural History Museum of Los Angeles: 25-35.
- Chopra, I.C.; Abrol, B.K.; Handa, K.L. (1960). *Medicinal Plants of the Arides Zones. Part one. With particular reference to the botanical aspect*. UNESCO: 11- 53.
- Constance, L. (1988). En: Correa, M.N. (ed.). *Flora Patagónica*. Dicotiledóneas Dialipétalas. T. VIII. Parte V. Colección Científica INTA. Bs. As.: 381.
- Correa, M.N. (1999). *Flora Patagónica*. Dicotiledóneas Gamopétalas. Tomo VIII-Parte VI. Colección Científica INTA. Buenos Aires: 566.
- D'Ambrogio, A. (1986). *Manual de Técnicas en Histología Vegetal*. Hemisferio Sur, Buenos Aires: 186.
- Del Vitto, L.; Petenatti, E. (1999). En: Correa, MN. (ed.). *Flora Patagónica*. Tomo VIII. Parte VI. Colección Científica INTA. Buenos Aires: 536.
- Donoso Zeger, C. (2007). "Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina". *Autoecología*. Edic. M. Cuneo. Chile: 678.
- European Pharmacopoeia (1997). 3rd ed., Section 2.8.12. Council of Europe, Strasbourg: 121-122.
- Freire, S.; Urtubey, E.; Giuliano, D. (2007). "Epidermal characters of *Baccharis* (Asteraceae) species used in traditional medicine". División Plantas Vasculares, Museo de La Plata. Argentina. *Caldasia* 29(1): 23-38.
- Gershenzon, J. (1994). "Metabolic costs of terpenoids accumulation in higher plants". *Journal of Chemical Ecology*, 20(6): 1281-1328.
- Giménez de Bolsón, A.M. (1993). "Rasgos estructurales característicos del xilema secundario de las principales especies arbóreas de la Región Chaqueña Seca". *Revista Quebracho* N° 1 Universidad Nacional de Santiago del Estero: 5-14.
- Giménez, A.M. (2004). "Anatomía del leño y corteza de *Tabermontana catharinensis* A. DC. (Apocinaceae)". *Revista Quebracho* N°11 Universidad Nacional de Santiago del Estero: 22-32.
- González, S.B.; Guerra, P.; Molaes, S.; Oliva, M.; Demo, M.; López, M.; Zunino, M.; Faillaci, M.;

- Zydgalo, J. (2004a). "Aromatic plants from Patagonia. Part I. Antimicrobial activity and chemical composition of *Schinus johnstonii* (Cav.) Cabrera essential oil". *Flavour and Fragrance Journal* 19: 36-39.
- González, S.B.; Bandoni, A.L.; van Baren, C.; Di Leo Lira, P.; Cerda García-Rojas, C.M.; Joseph-Nathan, P. (2004b). "The Essential Oil of the Aerial Parts of *Adesmia boronioides* Hook. f." *Journal of Essential Oil Research* 16(6): 513-516.
- González, S.B.; Guerra, P.; Bandoni, A.L.; van Baren, C.; Di Leo Lira, P. (2010). "Anatomía foliar y composición química del aceite esencial de *Satureja darwinii* (Benth.) Briquet (Lamiaceae) nativa de la meseta patagónica". II Congreso Argentino-Chileno-Hispano La Diversidad Química y Biológica de Organismos de la Región Patagónica, Puerto Madryn, Chubut.
- González, S.B.; Guerra, P.; van Baren, C.; Di Leo Lira, P.; Bandoni, A.L. (2011). "El aceite esencial de tallos y hojas de *Schinus patagonicus* (Phil.) Johnst. en el ecotono de la Patagonia, Argentina". *Dominguezia* 27(1): 33-39.
- Guerra, P.E.; Troncoso, O.; Molaes, S.; González, S. (2003). "Caracteres Anatómicos del Leño Secundario de *Diostea juncea* (Verbenaceae)". Actas del XV Congreso Venezolano de Botánica-Memorias. Botánica Estructural, Sección Anatomía. Mérida, Venezuela: 29.
- IAWA. (1989). Bulletin. New Series Vol. 10(3). Netherlands: 223-359.
- Krapovickas, A. (1988). En: Correa, M.N. (ed.). *Flora Patagónica*. Tomo VIII. Parte V Colección Científica INTA. Buenos Aires: 381.
- Malizia, R.; Cardell, D.A.; Molli, J.S.; González, S.B.; Guerra, P.E.; Grau, R.J. (2005a). "Volatile Constituents of Leaf Oils from the Genus *Baccharis* Part I. *B. racemosa* (Ruiz et. Pav.) De Candolle and *B. linearis* (Ruiz et. Pav.) Persoon Species from Argentina". *Journal of Essential Oil Research* 17(1): 103-106.
- Malizia, R.; Cardell, D.A.; Molli, J.S.; González, S.B.; Guerra, P.E.; Grau, R.J. (2005b). "Volatile Constituents of Leaf Oils from the Genus *Baccharis* Part II. *B. obovata* Hooker et Arnott and *B. salicifolia* (Ruiz et. Pav.) Persoon Species from Argentina". *Journal of Essential Oil Research* 17(2): 194-197.
- Moglia, J.G.; Giménez, A.M. (1998). "Rasgos anatómicos característicos del hidrosistema de las principales especies arbóreas de la Región Chaqueña Argentina". *Investigación Agraria*. Vol. 7(1 y 2). Publicaciones Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid: 53-71.
- Múlgura de Romero, M. (1988). En: Correa, M. N. (ed.). *Flora Patagónica*. Tomo VIII. Parte VI. Colección Científica INTA. Bs. As.: 566.
- Paris, R.; Dillemann, G. (1960). Medicinal plants of the arid zones. UNESCO: 55-91.
- Ragonese, A.E. (1967). *Vegetación y Ganadería en la República Argentina*. Colección Científica INTA. Buenos Aires: 218.
- Record, S.J. (1939). "American wood of the Family Rhamnaceae". *Tropical Woods*. Number 58. Yale University. School of Forestry: 6-34.
- Retta, D.; Gattuso, M.; Gattuso, S.; Di Leo Lira, P.; van Baren, C.; Bandoni, A. (2009). "Volatile constituents of five *Baccharis* species from the Northeastern Argentina". *J. Braz. Chem. Soc.* 20(7):1379-1384.
- Roig Juñent, F.A. (1986). "The wood of *Adesmia horrida* and its modifications by climatic conditions". *IAWA Bulletin* 7: 129.
- Roig Juñent, F.A. (1986). "Un inusual tipo de perforación en *Discaria* Hook (Rhamnaceae). IANIGLA-CRICYT, Mendoza". *Parodiana* 4(2): 205-211.
- Ruthsatz, B. (1974). "Los arbustos del noroeste argentino y su uso actual". *Boletín Sociedad Argentina de Botánica* XVI(12): 27-45.
- Tortosa, R.D. (1988). En: Correa, M. N. (ed.). *Flora Patagónica* Dicotiledóneas Dialipétalas (Oxalidaceae a Cornaceae). Tomo VIII, Parte VI. Colección Científica INTA. Buenos Aires: 381.
- Ulibarri, E.; Burkart, A. (2000). "Sinopsis de las especies de *Adesmia* (Leguminosae, Adesmieae) de la Argentina". *Darwiniana* 38(1-2): 59-126.
- van Baren, C. (2008). Composición química y actividades biológicas de una especie aromática y medicinal de la estepa patagónica con potencial interés industrial: *Mulinum spinosum* (Cav.) Persoon. Tesis Doctoral de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires: 368.
- Villalba, R. (1985). "Xylem structure and cambial activity in *Prosopis flexuosa* DC". *IAWA Bulletin* 6(2): 119-130.

- Watkins, K.S. (1939). "Stem anatomy of chaparral shrubs". *Botanical Gazette* 101(2): 391-402.
- Wiley/NBS registry of mass spectral data. (2005). J. Wiley & Sons, Inc. New York. 8th ed.
- Wink, M. (2003). "Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective". *Phytochemistry* 64: 3-19.
- Zimmerman, M.H. (1983). *Xylem structure and the ascent of sap*. Springer Verlag, New York: 143.