

Anatomía comparada de raíces medicinales de hierbas terrestres rioplatenses (Buenos Aires, República Argentina)

Marta N. Colares¹, Marcelo P. Hernández¹, María C. Novoa¹, Vanesa G. Perrotta¹,
Silvana Auguet², Ana M. Arambarri^{1*}

¹ Laboratorio de Morfología Comparada de Espermatófitas (LAMCE), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Calle 60 y 119, C.C. 31 (1900) La Plata, Argentina.

² Química Analítica, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Avda. San Martín 4453 (C1417DSE), Buenos Aires, Argentina.

* Autor a quien dirigir la correspondencia: tel.: +54-221-423-6758 (int. 461); botgral@agro.unlp.edu.ar; anaramba@yahoo.com.ar

Resumen

Se estudió la anatomía de la raíz de 22 hierbas terrestres pertenecientes a 10 familias que se utilizan en medicina vernácula en la región rioplatense. Para disponer de un patrón que defina la autenticidad botánica se planteó el objetivo de generar una clave diacrítica basada en la micrografía de las raíces. Se utilizó material fresco y de herbario que fue fijado en formalina-aceto-alcohólica, y en el caso de ejemplares de herbario fueron rehidratados previo a su fijación. Para las preparaciones se realizaron cortes a mano alzada y con micrótopo de rotación, para luego efectuar la tinción y el montaje de acuerdo con técnicas convencionales. Se realizaron análisis histoquímicos para la identificación de almidón, sustancias lipídicas y fenólicas. Algunos de los principales caracteres micrográficos de identificación de las raíces fueron: presencia de estructura secundaria anómala en *Alternanthera philoxeroides* y *A. pungens*, *Dysphania ambrosioides* y *Mirabilis jalapa*; presencia de corteza aerenquimática en *Hyptis mutabilis* y *Pluchea sagittalis*; tipo y distribución de estructuras secretoras: esquizógenas en *Bidens pilosa*, *Conyza bonariensis*, *Solidago chilensis* y *Xanthium spinosum*, lisígenas en *M. jalapa* y tubos laticíferos en *Cichorium intybus* y *Taraxacum officinale*; presencia de drusas en *A. philoxeroides* y *A. pungens*, rafidios en *Cyclopogon elatus* y *M. jalapa* o arena cristalina en *D. ambrosioides* y *Salpichroa organifolia*; presencia de xilema secundario con poros solitarios dispuestos al azar en *Marrubium vulgare*, múltiples radiales en *Raphanus sativus*, solitarios y múltiples radiales en *Lepidium auriculatum* y *L. bonariense*. Como resultado de los estudios histoquímicos se hallaron sustancias lipídicas en las paredes celulares de la endodermis, en el súber, y en forma de gotas oleosas en las estructuras secretoras esquizógenas de las Asteraceae; se observó inulina en el parénquima de las raíces de especies de la familia Asteraceae y amiloplastos en las raíces de *Lepidium*, *Mirabilis*, *Raphanus* y *Salpichroa*.

Comparative root anatomy of medicinal land herbs in Rio de La Plata area (Buenos Aires, Argentina)

Summary

Root micrographic traits of 22 species belonging to 10 families of medicinal land herbs in Río de La Plata area have been surveyed. The aim of this study was to generate a diacritic key using micrographic root

Palabras clave: anatomía - raíces medicinales rioplatenses - Argentina.

Key words: anatomy - Río de La Plata medicinal roots - Argentina.

characters with the purpose of getting a valuable tool to establish the botanical authenticity. Fresh and herbarium specimen materials were used. All samples were fixed in formalin-acetate-alcohol. Dehydrated roots were rehydrated prior to fixation. Freehand root transections, and with rotary microtome were made, subsequently, staining and mounting according to conventional methods. Histochemical analysis was performed to identify starch, lipidic, and phenolic substances. The main differential traits were: presence of anomalous secondary structure in *Alternanthera philoxeroides*, and *A. pungens*, *Dysphania ambrosioides*, and *Mirabilis jalapa*; presence of aerenchymatic bark in *Hyptis mutabilis*, and *Pluchea sagittalis*; secretory structure types and distribution: schizogenous in *Bidens pilosa*, *Conyza bonariensis*, *Solidago chilensis*, and *Xanthium spinosum*, lysigenous in *M. jalapa*, and laticifers ducts in *Cichorium intybus*, and *Taraxacum officinale*; presence of druses in *A. philoxeroides*, and *A. pungens*, raphides in *Cyclopogon elatus*, and *M. jalapa*, and sandy crystals in *D. ambrosioides*, and *Salpichroa organifolia*; the secondary xylem presented vessel groupings: solitary disposed at random in *Marrubium vulgare*, radial multiple in *Raphanus sativus*, and radial solitary and multiple in *Lepidium auriculatum*, and *L. bonariense*. Results of histochemical studies showed lipidic substances in endodermis and cork cell walls, and oil droplets in the secretory structures of Asteraceae. Inulin was also observed in parenchyma tissue of Asteraceae roots, and amyloplasts in *Lepidium*, *Mirabilis*, *Raphanus*, and *Salpichroa*.

Introducción

La región rioplatense se extiende desde Diamante en la provincia de Entre Ríos (32°4'0''S 60°39'0''O) hasta Punta Lara en la provincia de Buenos Aires (34°47'28''S 57°59'49''O). Nuestro estudio se centra en las especies medicinales que habitan la parte inferior del Delta del Paraná, isla Martín García y ribera del Río de La Plata hasta Punta Lara (Lahitte y Hurrell, 1996; Lahitte y col., 2004; Hernández y col., 2010; 2013).

Este trabajo es una nueva contribución al estudio de anatomía comparada de los órganos vegetativos de hierbas terrestres rioplatenses utilizados en la medicina popular. En contribuciones anteriores se analizó la anatomía de los tallos de siete Monocotiledóneas (Novoa y col., 2012), en la segunda, la anatomía de los tallos de 37 Dicotiledóneas (Arambarri y col., 2013). Existen escasos trabajos sobre anatomía de la raíz, y la mayoría forma parte de descripciones anatómicas de las especies, como los de Lersten y Curtis (1986; 1989), Arambarri y Bayón (1998), Novoa y col. (1998), Novoa y Monti (2001), Simón y col. (2002), Monti y col. (2003), o de obras generales, como la de Metcalfe y Chalk (1950). El propósito de nuestro proyecto es obtener caracteres micrográficos de la raíz medicinal, compararlos y generar un patrón de identificación.

Estudiamos la estructura radicular de 22 hierbas terrestres empleadas en la medicina popular en la región rioplatense (Lahitte y col., 1997; 2004) con

el objetivo de producir una clave diacrítica basada en los caracteres diagnósticos estructurales de las raíces analizadas.

Materiales

Para el estudio se emplearon raíces frescas y de herbario. Las plantas frescas, completas, recolectadas por los autores, fueron herborizadas y se depositaron en el herbario de la Facultad de Agronomía de La Plata (LPAG). También se examinó material de ejemplares del herbario de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata (LP). En la tabla 1 se presentan las familias, las especies con los nombres vernáculos, el material estudiado y el uso etnomedicinal de la raíz.

Métodos

Para los estudios histológicos, las muestras de raíz de los ejemplares de herbario fueron reconstituidas en recipiente cerrado que contenía agua con una gota de detergente, que se colocó en estufa a 30 °C por 24-72 horas. Luego, al igual que el material fresco se conservó en solución de formalina-aceto-alcohólica (FAA 70 %) (Johansen, 1940). Se hicieron cortes transversales a mano alzada y parte del material se deshidrató según la serie ascendente alcohol etílico absoluto-xileno.

Tabla 1.- Familia y especies estudiadas

FAMILIA	Nombres vernáculos	Material estudiado	Uso etnomedicinal
AMARANTHACEAE			
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	“Gamba rusa”, “guambarusa”, “lagunilla”, “raíz colorada” (1).	BA: <i>Pdo. La Plata</i> , La Plata, 14-X-2011, Arambarri 361 (LPAG); Ciudad Autónoma, V-2012, Auguet s.n. (LPAG).	Diurética, depurativa de la sangre. Para tratar trastornos gástricos, hepáticos y renales (5, 7-9).
<i>Alternanthera pungens</i> Kunth	“Bledo”, “caá-pé”, “hierba del pollo”, “pasto del pollo”, “tomatillo”, “torito”, “yerba del empacho”, “yerba del pajarito”, “yerba del pollo”, “yuyo rastrero” (1, 2).	FORM: <i>Dpto. Bermejo</i> , Laguna Yema, 17-V-2004, Bayón y Moreno 778 (LPAG).	Antidiarreica, digestiva (3, 4); raíz + parte aérea: diurética, depurativa (6, 7); depurativa (5); para el empacho (8).
ASTERACEAE			
<i>Acmella decumbens</i> (Sm.) R. K. Jansen	“Barba de indio”, “nim-nim”, “ñil ñil”, “zuma”, “zumaca” (1, 2).	BA: <i>Pdo. Ensenada</i> , Punta Lara, 23-XI-2002, Torres & Gregorio 1028 (LP); <i>Pdo. San Nicolás</i> , San Nicolás de los Arroyos, 8-X-2011, Simón 5112 (LP).	Analgésica (10, 11); sialagogo, analgésico (2); sialagogo, antiodontálgico, pectoral (6); analgésica, estomacal, pectoral (7).
<i>Bidens pilosa</i> L.	“Amor viejo”, “amor seco”, “picón”, “romerillo blanco”, “saetilla” (2, 5, 12).	BA: <i>Pdo. La Plata</i> , La Plata, 20-XI-2011, Hernández 88; (LPAG); 24-IV-2012, Arambarri 379 (LPAG).	Antiodontálgico (5, 6, 8, 11, 12, 13); dolor de oídos, dolor de cabeza y para calmar la irritación de la piel (12).
<i>Cichorium intybus</i> L.	“Abrepuño”, “achicoria”, “achicoria de raíz”, “achicoria silvestre”, “almirón”, “lechuguilla”, “radicha”, “radicheta” (1, 2, 17).	BA: <i>Pdo. Ensenada</i> , Isla Santiago, 29-XI-2011, Hernández 92 (LPAG).	Refrigerante, sudorífico, resolutivo (3, 4, 8), antiinflamatorio (4); diurético, aperitivo, laxante febrífugo (4, 5, 14); la raíz tostada es sucedáneo del café (15-18, 19).
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	“Hierba carnícera”, “mata negra”, “melena de viejo”, “rama negra”, “sanguinaria”, “vira vira” (1).	BA: <i>Pdo. La Plata</i> , La Plata, 5-I-2012, Hernández 95, 96 (LPAG).	Refrescante (4, 5, 18, 20).
<i>Pluchea sagittalis</i> (Lam.) Cabrera	“Lucera”, “quitoco”, “yacaré-caá”, “yerba del lucero” (1, 2).	BA: <i>Pdo. Tor-dillo</i> , Gral. Conesa 28-III-1972, Dimitri s. n. (LPAG 4192); <i>Pdo. Ensenada</i> , Isla Santiago, 14-III-2012, Hernández 116 (LPAG).	Flebitis (6, 7, 18, 21, 22).
<i>Solidago chilensis</i> Meyen var. <i>chilensis</i>	“Cola de zorro”, “falso romerillo”, “penachillo”, “punta de lanza”, “romerillo amarillo”, “vara amarilla”, “vara de oro”, “vara de San José” (1, 2).	BA: <i>Pdo. La Plata</i> , La Plata, 28-II-2010, Arambarri 500 (LPAG) <i>Pdo. Berisso</i> , Berisso, 7-III-2012 Hernández 99 (LPAG).	Anticefálgico (2, 5, 23); anticefálgico y sedativo (7).

Tabla 1.- Familia y especies estudiadas (cont.)

FAMILIA	Nombres vernáculos	Material estudiado	Uso etnomedicinal
<i>Taraxacum officinale</i> G. Weber ex F. H. Wigg.	“Achicoria amarga”, “achicoria silvestre”, “amargón”, “chicoria”, “diente de león”, “panadero”, “radicha”, “radicheta” (1, 17).	BA: <i>Pdo. Berisso</i> , Isla Paulino, 29-III-2009, Hernández 27 (LPAG); <i>Pdo. La Plata</i> , La Plata, Arambarri 378 (LPAG).	Aperitivo, colagogo, diurético, hepático, laxante suave, antihemorroidal, tónico, hipoglucemiante (5, 7, 17, 18, 19, 24).
<i>Xanthium spinosum</i> L.	“Abrepuño”, “abrojillo”, “abrojito”, “abrojo chico”, “abrojo macho”, “cepa caballo”, “clonque”, “pegote” (1, 2).	BA: <i>Pdo. La Plata</i> , La Plata, 29-XII.1972, Dimitri s. n. (LPAG 3678). FORM: <i>Dpto. Bermejo</i> , Laguna Yema, 17-V-2004, Bayón y Moreno 765 (LPAG).	Laxante suave y diurético (6, 25). emoliente (15); colerético, antiinflamatorio, cicatrizante de heridas (10, 18); diurético, refrescante, estomacal (8); carminativo, antitúxico, antimalárico, antirreumático, antigangrenoso, vulnerario (5). digestivo, febrífugo, hepático (7, 9).
BORAGINACEAE			
<i>Borago officinalis</i> L.	“Borrajá” (1).	BA: <i>Pdo. La Plata</i> , Isla Martín García, 22-X-1992, Hurrell y col., 1255 (LP); <i>Pdo. La Plata</i> , Gonnet 4-X-1998, Delucchi 1846 (LP).	Estimulante del apetito (5).
<i>Echium plantagineum</i> L.	“Borrajá cimarrona”, “borraja del campo”, “escorzonera”, “flor morada” (1, 2).	BA: <i>Pdo. La Plata</i> , Isla Martín García, 22-X-1992, Hurrell y col., 1257 (LP); <i>Pdo. La Plata</i> , La Plata, 14-X-2011, Arambarri 360 (LPAG).	Diurético, refrescante, emoliente diaforético (2, 26).
BRASSICACEAE			
<i>Lepidium auriculatum</i> Regel & Körn.	“Mascuestrito”, “mascueto”, “mastuerzo”, “mastuerzo” (1).	BA: <i>Pdo. La Plata</i> , La Plata, 11-XI-2011, Arambarri 367 (LPAG).	Hepática, digestiva (4, 5, 8)
<i>Lepidium bonariense</i> L.	“Macuestro”, “mastuercito”, “mastuerzo loco”, “yerba de la pastora” (1, 2).	BA: <i>Pdo. La Plata</i> , La Plata, 11-XI-2011, Arambarri 366 (LPAG).	Estomacal (2); hepático (4, 8).
<i>Raphanus sativus</i> L.	“Nabón”, rabanito salvaje”, “rabanito silvestre”, “rábano” (1, 5, 17).	BA: <i>Pdo. La Plata</i> , La Plata, 5-X-2011, Arambarri 359 (LPAG).	Digestivo, tónico, diurético, aperitivo, antitérico, antiescorbútico (5, 6); rubefaciente (3-5).
CHENOPODIACEAE			
<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin & Clemants	“Ambrosia”, “caá-né”, “caá-ré”, “hierba hedionda”, “hierba hormiguera”, “paico”, “paico macho”, “pichín”, “té de los jesuitas”, “té de España”, “yerba de santa María” (1, 2).	BA: <i>Pdo. La Plata</i> , Isla Martín García, 20-II-1998, Hurrell y col., 3891 (LP).	Digestivo y vermífugo (4, 5, 8, 20).

Tabla 1.- Familia y especies estudiadas (cont.)

FAMILIA	Nombres vernáculos	Material estudiado	Uso etnomedicinal
LAMIACEAE			
<i>Hypsis mutabilis</i> (Rich.) Briq.	“Matico”, “salvia morada”, “verbena negra”, “yerba del lucero”, “yerba del toro”, “yerba lucera” (1, 8).	BA: Pdo. Ramallo, s. l., 22-XII-2001, Torres Robles 623 (LP).	Aperitivo, emenagogo (4, 5, 8); anti-diarreico, anticonceptivo (6).
<i>Marrubium vulgare</i> L.	“Hierba del sapo”, “malva rubia”, “malvarrubia”, “marrubio”, “yerba del sapo”, “yuyo del sapo” (1, 17).	BA: Pdo. La Plata, Etcheverry, 7-VII-2002, Martínez 2 (LPAG); Pdo. Punta Indio, San Clemente de Punta Indio, 13-VII-2006, Martínez 106 (LPAG).	Diurético, hepático, renal (3, 4).
NYCTAGINACEAE			
<i>Mirabilis jalapa</i> L.	“Bella de noche”, “buenas noches”, “dengue”, “diego de noche”, “don Diego de noche”, “falsa jalapa”, “jazmín encarnado”, “maravilla” (1).	BA: Pdo. La Plata, Los Hornos, V-2001 Monti 13 (LPAG); La Plata, 13-XI-2012, Colares s. n. (LPAG 4236).	Purgante, emético (5, 6, 27); emenagogo (6); diurético, antiparasitario (10).
ORCHIDACEAE			
<i>Cyclopogon elatus</i> (Sw.) Schltr.	“Flor de patito”, “niño de noche”, “orquídea blanca”, “orquídea de talar”, “zarzaparrilla de hoja” (1, 2).	BA: Pdo. Baradero, Estancia Los Alamos, río Baradero, 27-X-2003, Torres Robles 1447 (LP).	Refrescante, antirreumático, anti-diarreico, depurativo, antiblenorrágico (5, 7, 8, 20, 28, 29).
POACEAE			
<i>Schizachyrium microstachyum</i> (Desv. ex Ham.) Roseng., B. R. Arrill. & Izag.	“Paja colorada” (1, 2).	BA: Pdo. La Plata, La Plata, 21-II-1995, Bayón 126 (LPAG); José Hernández, 19-V-1995, Bayón 296 (LPAG).	Antiasmático, diurético, febrífugo (7, 8).
SOLANACEAE			
<i>Salpichroa origanifolia</i> (Lam.) Baill.	“Huevo de gallo”, “huevo de gallo”, “pisingallo”, “pizín gallo”, “uva de campo”, “uvilla”, “uvita de campo” (1, 2, 6).	BA: Pdo. La Plata, Gorina, 18-II-1995, Bayón 103 (LPAG); La Plata, 27-IX-2011, Arambarri 353 (LPAG).	Dermatosis, abluente (5, 6, 8).

Abreviaturas: **BA**, Buenos Aires; **FORM**, Formosa. Literatura consultada: (1) de la Peña y Pensiero (2004); (2) Toursarkissian (1980); (3) Hieronymus (1882); (4) Lahitte y Hurrell (1996); (5) Lahitte y col. (2004); (6) Barboza y col. (2006); (7) Barboza y col. (2009); (8) Martínez Crovetto (1981); (9) Carrizo y col. (2005); (10) Alonso y Desmarchelier (2005); (11) Rondina y col. (2008); (12) Lastra Valdés y Ponce de León (2001); (13) Santos y Cury (2011); (14) Ratera y Ratera (1980); (15) Dimitri (1987); (16) Zardini (1984); (17) Rapoport y col. (2009); (18) Hurrell y col. (2011); (19) Hurrell (2013); (20) Martínez Crovetto (1964); (21) Cambi y col. 2006; (22) Bayón (2013); (23) Kutschker y col. (2007); (24) Hernández y col. (2010); (25) Chifa y Ricciardi (2001); (26) Monti y col. (2003); (27) Ragonese y Milano (1984); (28) Hurrell y col. (2005); (29) Novoa y col. (1998).

Se infiltró con parafina (P.F. 56 °C), se realizaron cortes entre 10 y 15 µm de espesor con micrótopo de rotación. Para la tinción se utilizó safranina alcohólica 80 % y solución de violeta de cresilo 1 %. Todas las secciones se montaron en gelatina-glicerina.

Se practicaron técnicas histoquímicas para identificar almidón con solución acuosa de Lugol (iodo-ioduro de potasio) (Ruzin, 1999); para sustancias lipofílicas se empleó una solución alcohólica saturada de Sudán IV (Johansen, 1940); para sustancias fenólicas (taninos) cloruro férrico al 10 % y carbonato de sodio al 2 % como mordiente (D'Ambrogio de Argüeso, 1986). Las estructuras fueron estudiadas con microscopio óptico (MO) Leitz SM Lux. Las figuras fueron preparadas con MO Ceti equipado con cámara digital y con MO Gemalux equipado con cámara color Pal CCD y software Hyper Media Center.

La nomenclatura botánica está de acuerdo con Zuloaga y col. (2008). La terminología está de acuerdo con Metcalfe (1989), Metcalfe y Chalk (1950) y Esau (1982).

Resultados

Los caracteres anatómicos de las raíces permitieron elaborar una clave diacrítica que constituye un patrón para el análisis de calidad botánica.

1. Raíces con estructura primaria diarca a tetraarca y desarrollo de estructura secundaria (Dicotiledóneas).

2. Raíces con estructura anómala que consiste en círculos concéntricos o disposición espiralada de cordones vasculares que se originan de cambiumes formados sucesivamente y conectados entre sí.

3. Estructura primaria triarca. Presencia de drusas.

1. *Alternanthera philoxeroides*
(Figura 1, A)

2. *A. pungens*
(Figura 1, B)

3'. Estructura primaria diarca o tetraarca. Ausencia de drusas.

4. Presencia de rafidios. Ausencia de arena cristalina. Presencia de estructuras secretoras lisígenas en la proximidad de las tráqueas.

3. *Mirabilis jalapa*
(Figura 1, C)

4'. Ausencia de rafidios. Presencia de arena cristalina. Ausencia de estructuras secretoras lisígenas.

4. *Dysphania ambrosioides*

2'. Raíces con estructura normal que consiste en el xilema secundario central, rodeado por el anillo de floema secundario. Ambos originados por el cambium vascular formado a partir del procambium intrafascicular y el parénquima interfascicular.

5. Corteza con aerénquima.

6. Presencia de células esclerificadas. Ausencia de estructuras secretoras esquizógenas.

5. *Hyptis mutabilis*
(Figura 1, D)

6'. Ausencia de células esclerificadas. Presencia de 2-3 estructuras secretoras esquizógenas corticales, extraendodermis y frente a cada grupo de fibras floemáticas.

6. *Pluchea sagittalis*
(Figuras 1, E; F)

5'. Corteza sin aerénquima.

7. Presencia de estructuras secretoras esquizógenas en la corteza.

8. Centro de la raíz con estructura secundaria ocupado por parénquima medular. Tráqueas (poros) con disposición radial.

7. *Bidens pilosa*
(Figura 2, A)

8'. Centro de la raíz con estructura secundaria ocupado por xilema. Poros dispuestos al azar.

9. Presencia de grupos de fibras en la periferia del floema.

8. *Conyza bonariensis*

9. *Solidago chilensis* var. *chilensis*
(Figuras 2, B; C)

9'. Ausencia de grupos de fibras en la periferia del floema.

10. *Xanthium spinosum*
(Figura 2, D)

7'. Ausencia de estructuras secretoras esquizógenas en la corteza.

10. Presencia de tubos laticíferos.

11. Tubos laticíferos dispuestos en círculos concéntricos.

11. *Taraxacum officinale*
(Figura 2, E)

11'. Tubos laticíferos dispuestos en bandas radiales.

12. *Cichorium intybus*
(Figura 2, F)

10'. Ausencia de tubos laticíferos.

12. Presencia de ritidoma.

13. *Marrubium vulgare*

(Figura 3, A)

12'. Ausencia de ritidoma.

13. Presencia de amiloplastos en el parénquima cortical.

14. Xilema secundario con poros solitarios y múltiples con disposición radial.

14. *Lepidium auriculatum*

(Figura 3, B)

15. *L. bonariense*

(Figura 3, C)

14'. Xilema secundario con poros solitarios dispuestos al azar.

16. *Salpichroa origanifolia*

(Figura 3, D)

13'. Ausencia de amiloplastos en el parénquima cortical.

15. Presencia de cristales de inulina en el parénquima cortical. Radios medulares inconspicuos.

17. *Acmella decumbens*

15'. Ausencia de cristales de inulina. Radios medulares conspicuos, pluriseriados y dilatados en el floema secundario.

16. Xilema secundario con predominio de fibras. Los poros solitarios y múltiples dispuestos al azar.

18. *Borago officinalis*

19. *Echium plantagineum*

(Figura 3, E)

16'. Xilema secundario con predominio de parénquima. Los poros múltiples agrupados con fibras con disposición radial.

20. *Raphanus sativus*

(Figura 3, F)

1'. Raíces con estructura primaria poliarca, no hay desarrollo de estructura secundaria (Monocotiledóneas).

17. Presencia de rafidios. Paredes celulares del tejido de protección con filetes de engrosamiento.

21. *Cyclopogon elatus*

(Figura 4, A, a)

17'. Ausencia de rafidios. Paredes celulares del tejido de protección sin filetes de engrosamiento.

22. *Schizachyrium microstachyum*

(Figura 4, B)

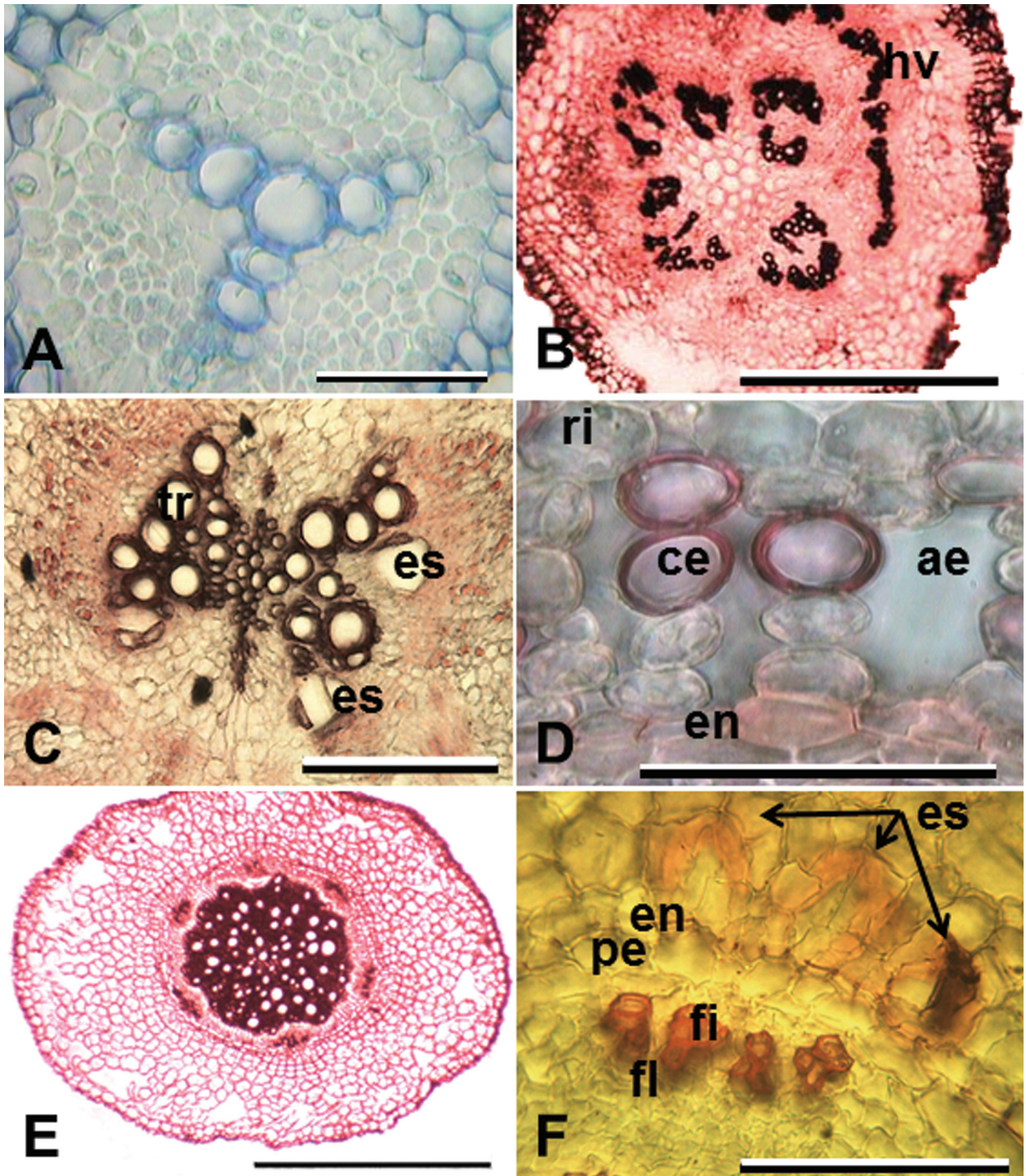
Discusión

En Dicotiledóneas se encontró un predominio de raíces con estructura primaria tetraarca sobre las diarcas (e. g., *Dysphania* sp.). Las especies de *Alternanthera* (Amaranthaceae), *Dysphania* (Chenopodiaceae) y *Mirabilis jalapa* (Nyctaginaceae) mostraron estructura secundaria anómala en coincidencia con lo señalado por numerosos autores (Metcalf y Chalk, 1950; D'Ambrogio y col., 2000). Metcalf y Chalk, refirieron que las estructuras de Amaranthaceae y Nyctaginaceae son tan similares que su diferenciación está dada solo por la ausencia de rafidios o estiloides en la primera. De esta manera, la presencia de rafidios en *Mirabilis jalapa*, de drusas en *Alternanthera* y su ausencia en *Dysphania* se constituye en un carácter con valor diagnóstico.

En las Asteraceae se encontraron estructuras secretoras esquizógenas en la raíz de *Bidens pilosa*, *Conyza bonariensis*, *Pluchea sagittalis*, *Solidago chilensis* var. *chilensis* y *Xanthium spinosum*, y coinciden en el tipo de estructura secretora hallada en los tallos de esas especies (Arambarri y col., 2013) y con las cavidades, conductos o reservorios de Lersten y Curtis (1986; 1989), Simon y col. (2002); Plos y col. (2011). Las raíces de *Cichorium* y *Taraxacum* quedaron caracterizadas por la disposición de los tubos laticíferos, en coincidencia con la descripción de Metcalf y Chalk (1950) para *Taraxacum* y el informe de Novoa y Monti (2001). En algunas Asteraceae se observaron abundantes cristales de inulina, en coincidencia con Ragonese (1988), Lüttge y col. (1993) y Strasburger y col. (1994) quienes señalaron que este compuesto se acumula preferentemente en órganos subterráneos. La anatomía de la raíz de Boraginaceae presenta radios medulares pluriseriados y dilatados en el floema secundario, como lo informaron Monti y col. (2003).

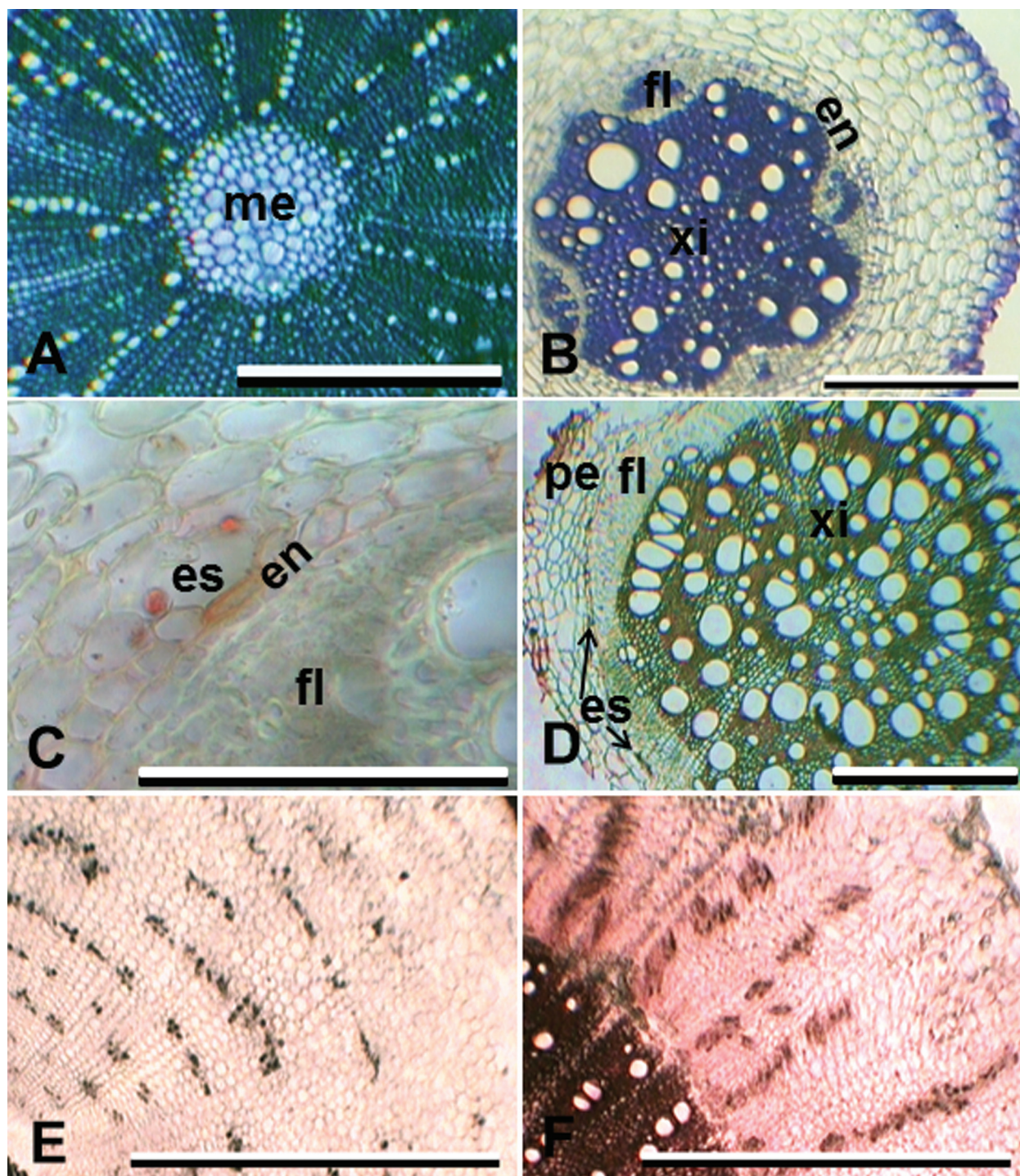
Entre las Monocotiledóneas se coincide con Novoa y col. (1998) en que la presencia de rafidios es uno de los caracteres diagnósticos en *Cyclopogon elatus*. En *Schizachyrium microstachyum* es interesante la presencia de una exodermis pluristrata lignificada, que no está presente en *S. condensatum* (Arambarri y Bayón, 1998), especie también usada en medicina popular.

Figura 1.- Anatomía de raíces de Dicotiledóneas

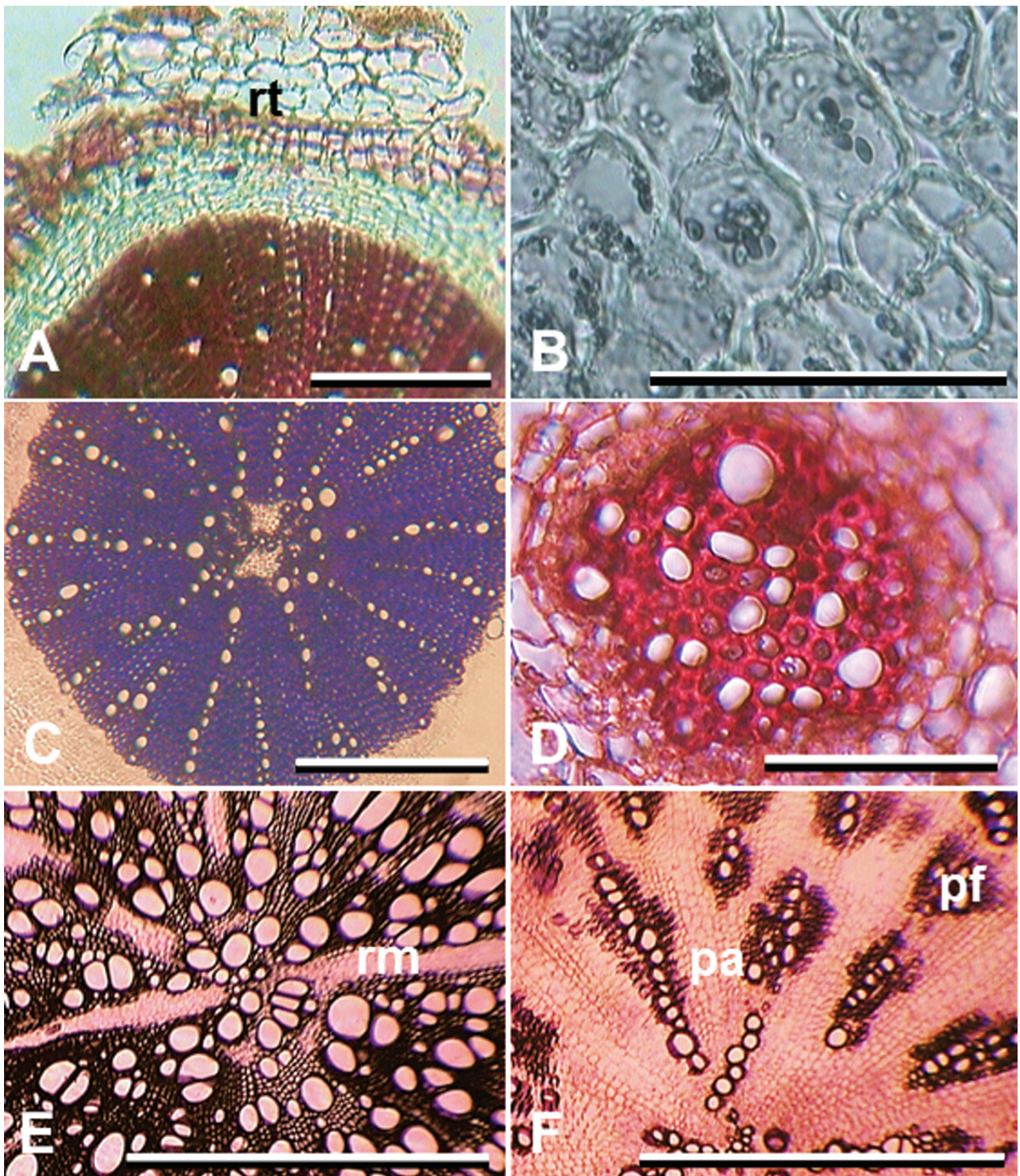


A: *Alternanthera philoxeroides*: Estructura primaria triarca. **B:** *Alternanthera pungens*: estructura secundaria anómala; (hv) haces vasculares. **C:** *Mirabilis jalapa*: (tr) tráqueas del xilema; (es) estructuras secretoras. **D:** *Hyptis mutabilis*: (ae) aerénquima; (ce) células esclerificadas; (en) endodermis; (ri) rizodermis. **E y F:** *Pluchea sagittalis*; **E:** sección transversal de raíz mostrando aerénquima periférico; xilema con poros solitarios dispuestos al azar y floema con grupos de fibras. El conjunto limitado por endodermis conspicua; **F:** (fl) floema con fibras (fi); (pe) periciclo, (en) endodermis; (es) tres estructuras secretoras. Escalas: **A:** 200 μm ; **B:** 400 μm ; **C, D, F:** 100 μm ; **E:** 1000 μm .

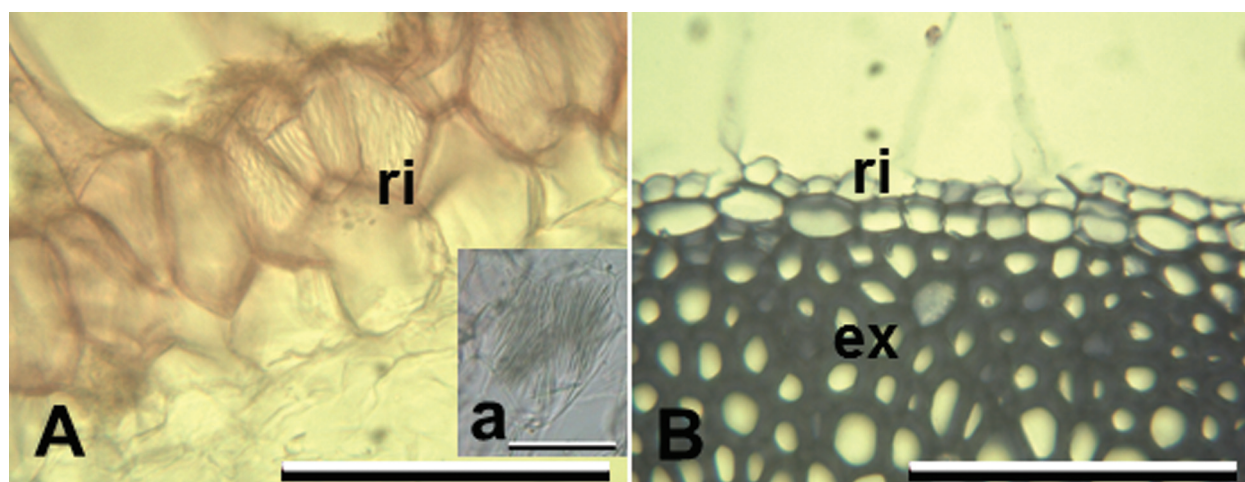
Figura 2.- Anatomía de raíces de Dicotiledóneas



A: *Bidens pilosa*: estructura secundaria con: me, médula parenquimática central; leño con poros solitarios y múltiples dispuestos de manera radial. B y C: *Solidago chilensis* var. *chilensis*; B: desarrollo inicial de estructura secundaria: (xi) xilema con poros solitarios dispuestos al azar; (fl) floema con fibras (cuatro cordones floemáticos); (en) endodermis. C: detalle de una estructura secretora (es) con aceites esenciales; (en) endodermis; (fl) cordón floemático. D: *Xanthium spinosum*: (xi) xilema secundario; (fl) floema secundario; (es) estructuras secretoras; (pe) peridermis. E: *Taraxacum officinale*: (tl) tubos laticíferos dispuestos en círculos concéntricos. F: *Cichorium intybus*: tubos laticíferos dispuestos en bandas radiadas. Escalas: A, D: 500 μm ; B: 200 μm , C: 100 μm ; E, F: 1000 μm .

Figura 3.- Anatomía de raíces de Dicotiledóneas

A: *Marrubium vulgare*: (rt) ritidoma; leño con poros solitarios distribuidos al azar. B: *Lepidium auriculatum*: detalle de almidón en el parénquima cortical. C: *Lepidium bonariense*: poros solitarios y múltiples con disposición radial. D: *Salpichroa organifolia*: poros solitarios dispuestos al azar. E: *Echium plantagineum*: xilema secundario con poros solitarios y múltiples dispuestos al azar; (rm) radios medulares. F: *Raphanus sativus*: detalle del xilema secundario con predominio de parénquima (pa) y poros múltiples agrupados con fibras (pf), con disposición radial. Escalas: A: 200 μm ; B, C, D: 100 μm ; E, F: 1000 μm .

Figura 4.- Anatomía de raíces de Monocotiledóneas

A: *Cyclopogon elatus*: (ri) rizodermis formada por células con filetes de engrosamiento en las paredes; (a) rafidios.
B: *Schizachyrium microstachyum*: (ri) rizodermis sin filetes de engrosamiento, con pelos absorbentes; (ex) exodermis multistrata con paredes engrosadas y lignificadas.

Conclusiones

La anatomía comparada de las raíces permitió establecer como caracteres diagnósticos: (1) la estructura triarca en *Alternanthera* spp., diarca o tetraarca en las restantes Dicotiledóneas, poliarca en Monocotiledóneas; (2) estructura anómala en las especies de Amaranthaceae, Chenopodiaceae y Nyctaginaceae; (3) presencia de estructuras secretoras lisígenas en *Mirabilis jalapa*; (4) presencia de estructuras secretoras esquizógenas en Asteraceae; (5) presencia de tubos laticíferos en *Cichorium* y *Taraxacum*; (6) presencia de abundante almidón en los parénquimas de *Lepidium* spp., *Mirabilis jalapa* y *Salpichroa organifolia*; (7) presencia de cristales del tipo drusas (*Alternanthera* spp.); (8) rafidios (*Cyclopogon* y *Mirabilis*); (9) arena cristalina (*Dysphania* y *Salpichroa*); leño con poros solitarios o múltiples, con diferente disposición (al azar o radial).

Los caracteres observados permitieron generar la clave de identificación micrográfica de las raíces, y constituyen una herramienta de valor en el control de calidad botánica.

Agradecimientos

A los curadores de los herbarios LP, LPAG por facilitar parte del material estudiado. A Claudia Monti por el aporte en el tratamiento del leño, y a los revisores por la lectura crítica del manuscrito y sugerencias brindadas que contribuyeron a mejorarlo. A la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de La Plata por la financiación de los estudios.

Referencias bibliográficas

- Alonso, J.; Desmarchelier, C. (2005). *Plantas medicinales autóctonas de la Argentina. Bases científicas para su aplicación en atención primaria de la salud*, Literature of Latin America (L.O.L.A.), Buenos Aires: 663.
- Arambarri, A.M.; Bayón, N.D. (1998). "Anatomía y etnobotánica de las especies medicinales de Monocotiledóneas de la Estepa Pampeana de Argentina: Poaceae". *Acta Farmacéutica Bonaerense* 17(3): 173-190.

- Arambarri, A.M.; Novoa, M.C.; Hernández, M.P.; Colares, M.N.; Perrotta, V.G. (2013). "Anatomía de Dicotiledóneas: tallos de hierbas terrestres medicinales rioplatenses (Buenos Aires, Argentina)". *Bonplandia* 22(1): 5-28.
- Barboza, G.E.; Cantero, J.J.; Núñez, C.O.; Ariza Espinar, L. (eds.). (2006). *Flora medicinal de la provincia de Córdoba (Argentina)*. Museo Botánico de Córdoba: 1265.
- Barboza, G.E.; Cantero, J.J.; Núñez, C.; Pacciaroni, A.; Ariza Espinar, L. (2009). "Medicinal plants: A general review and a phytochemical and ethnopharmacological screening of the native Argentine flora". *Kurtziana* 34(1-2): 7-365. [En línea] <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-59622009000100002&lng=es&nrm=iso>. [Consulta: 8 de junio de 2013].
- Bayón, N.D. (2013). "*Pluchea sagittalis*", en Hurrell, J.A. (dir.) *Flora Rioplatense Parte 2. Dicotiledóneas*, Vol. 7°. Sociedad Argentina de Botánica (1ª ed.), Corrientes: 304.
- Cambi, V.; Bucciarelli, A.; Flemmer, A.; Hansen, P. (2006). "Morfoanatomía de *Pluchea sagittalis* (Asteraceae), especie nativa de interés medicinal". *Acta Farmacéutica Bonaerense* 25(1): 43-49.
- Carrizo, E del V.; Palacio, M.O.; Roic, D. (ex aequo). (2005). "Uso medicinal de algunas especies nativas en Santiago del Estero (República Argentina)". *Dominguezia* 21(1): 25-32.
- Chifa, C.; Ricciardi, A.I.A. (2001). "Plantas de uso en medicina vernácula del centro del Chaco argentino". Fundación Miguel Lillo. *Miscelánea* 117: 1-32.
- D'Ambrogio de Argüeso, A. (1986). *Manual de técnicas en histología vegetal*. Hemisferio Sur, Buenos Aires: 86.
- D'Ambrogio, A.; Fernández, S.; González, E.; Furlán, I.; Frayssinet, N. (2000). "Estudios morfoanatómicos y citológicos en *Atriplex sagittifolia* (Chenopodiaceae)". *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 35(3-4): 215-226.
- De la Peña, M.R.; Pensiero, J.F. (2004). "Plantas argentinas. Catálogo de nombres comunes". *Literature of Latin America* (L.O.L.A.), Buenos Aires: 373.
- Dimitri, J.M. (1987). *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería*. I (1): 1- 656. 3ª ed. Acme, Buenos Aires.
- Esau, K. (1982). *Anatomía de las plantas con semilla*. Hemisferio Sur, Buenos Aires: 512.
- Hernández, M.P.; Civitella, S.M.; Rosato, V.G. (2010). "Uso medicinal popular de plantas y líquenes de la Isla Paulino, provincia de Buenos Aires, Argentina". *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 9(4): 258-268.
- Hernández, M.P.; Novoa, M.C.; Civitella, S.M.; Masson, D.; Oviedo, A. (2013). "Plantas usadas en medicina popular en la Isla Santiago, Buenos Aires, Argentina". *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 12(4): 385-399.
- Hieronymus, J. (1882). "Plantae diaforicae florum argentinae". *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 4: 200-598.
- Hurrell, J.A. (2013). "*Cichorium intybus* y *Taraxacum officinale*" en: Hurrell, J.A. (dir.) *Flora Rioplatense Parte 2. Dicotiledóneas*, Vol. 7°. Sociedad Argentina de Botánica (1ª ed.), Corrientes: 304.
- Hurrell, J.A.; Bazzano, D.A.; Delucchi, G. (2005). "Monocotiledóneas herbáceas, nativas y exóticas". *Literature of Latin America* (L.O.L.A.), Buenos Aires: 317.
- Hurrell, J.A.; Ulibarri, E.A.; Arenas, P.M.; Pochettino, M.L. (2011). "Plantas de herboristería". *Literature of Latin America* L.O.L.A., Buenos Aires: 242.
- Johansen, D.A. (1940). *Plant microtechnique*. McGraw-Hill Book Company, New York: 523.
- Kutschker, A.; Menoyo, H.; Hechem, V. (2007). *Plantas medicinales de uso popular en comunidades del oeste del Chubut*. Bavaria, San Carlos de Bariloche, Río Negro: 139.
- Lahitte, H.B.; Hurrell, J.A. (1996). "*Las plantas de la medicina popular de la isla Martín García*". Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires: 246.
- Lahitte, H.B.; Hurrell, J.A.; Mehltreter, K.; Belgrano, M.J.; Jankowski, L.S.; Haloua, M.P.; Canda, G. (1997). "Plantas de la costa". *Literature of Latin America* (L.O.L.A.), Buenos Aires: 200.
- Lahitte, H.B.; Hurrell, J.A.; Belgrano, M.J.; Jankowski, L.S.; Haloua, M.P.; Mehltreter, K. (2004). "Plantas medicinales rioplatenses". (reimpresión de la edición 1998). *Literature of Latin America* (L.O.L.A.), Buenos Aires: 240.

- Lastra Valdés, H.A.; Ponce de León, H. (2001). "Bidens pilosa Linné". *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 1: 28-33.
- Lersten, N.R.; Curtis, J.D. (1986). "Tubular cavities in white snakeroot, *Eupatorium rugosum* (Asteraceae)". *American Journal of Botany* 73(7): 1016-1021.
- Lersten, N.R.; Curtis, J.D. (1989). "Foliar oil reservoir anatomy and distribution in *Solidago canadensis* (Asteraceae, tribe Astereae)". *Nordic Journal of Botany* 9(3): 281-287.
- Lüttge, U.; Kluge M.; Bauer, G. (1993) "Botánica", McGraw-Hill, España: 355.
- Martínez Crovetto, R. (1964). "Estudios etnobotánicos I. Nombres de plantas y su utilidad, según los indios tobas del este del Chaco". *Bonplandia* 1(4): 279-333.
- Martínez Crovetto, R. (1981). "Las plantas utilizadas en medicina popular en el noroeste de Corrientes". *Fundación Miguel Lillo. Miscelánea* 69: 7-139.
- Metcalf, C.R. (1989). "Anomalous structure". In: C.R. Metcalf y L. Chalk (dir.). *Anatomy of the Dicotyledons*. Vol. 2: 53-63. Clarendon Press, Oxford.
- Metcalf, C.R.; Chalk, L. (1950). *Anatomy of the Dicotyledons*. Vol. 1 y 2. Clarendon Press, Oxford: 1500.
- Monti, C.; Novoa, M.C.; Vizcaíno, C.E. (2003). "Anatomía y etnobotánica de dos especies de Boraginaceae de la provincia pampeana (Argentina), usadas en la medicina popular". *Acta Farmacéutica Bonaerense* 22(3): 197-201.
- Novoa, M.C.; Monti, C. (2001). "Anatomía de la raíz de las especies de *Polygala* L. (Polygalaceae) de la Provincia Pampeana (Argentina), usadas en la medicina popular y su comparación en *P. senega* y sus adulterantes". *Acta Farmacéutica Bonaerense* 20(2): 115-119.
- Novoa, M.C.; Vizcaíno, C.E.; Colares, M.N. (1998). "Anatomía y etnobotánica de las especies medicinales de Monocotiledóneas de la Estepa Pampeana de Argentina: Orchidaceae y Pontederiaceae". *Acta Farmacéutica Bonaerense* 17(3): 165-172.
- Novoa, M.C.; Colares, M.N.; Arambarri, A.M. (2012). "Anatomy of Monocotyledons: stems and rhizomes of land herbs used as medicinal in the Rio de La Plata (Argentina)". *Bonplandia* 21(2): 53-61.
- Plos, A.; Sancho, G.; Iharlegui, L. (2011). "Secretory structures of leaves of *Ophryosporus* Meyen (Asteraceae, Eupatorieae), a genus with medicinal properties". *The Journal of the Torrey Botanical Society* 138(4): 391-399. [En línea] <http://dx.doi.org/10.3159/TORREY-D-11-00012.1> [Consulta: Julio 2013].
- Ragonese, A.M. (1988). "Canales secretores en los órganos vegetativos de *Eupatorium inulaefolium* H.B.K. (Compositae)". *Acta Farmacéutica Bonaerense* 7(3): 161-168.
- Ragonese, A.E.; Milano V.A. (1984). *Vegetales y sustancias tóxicas de la flora argentina*. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Acme, Buenos Aires, 2ª edición, T 2, Fasc. 8-2(242): 245-413.
- Rapoport, E.H.; Marzocca, A.; Drausal, B.S. (2009). *Malezas comestibles del cono sur y otras partes del planeta*. INTA, Argentina: 215.
- Ratera, E.; Ratera, M. (1980). *Plantas de la flora argentina empleadas en medicina popular*. Hemisferio Sur, Buenos Aires: 189.
- Rondina, R.V.D.; Bandoni, A.L.; Coussio, J.D. (2008). "Especies medicinales argentinas con potencial actividad analgésica". *Dominguezia* 24(1): 47-69.
- Ruzin, S.E. (1999). *Plant microtechnique and microscopy*. University Press, Oxford: 323.
- Santos, J.B.; Cury, J.P. (2011). "Picão-preto: uma planta daninha especial em solos tropicais". *Planta Daninha*, Viçosa-MG 29: 1159-1171.
- Simon, P.M.; Katinas, L.; Arambarri, A.M. (2002). "Secretory structures in *Tagetes minuta* (Asteraceae, Helenieae)". *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 37(3-4): 181-191.
- Strasburger, E.; Noll, F.; Schenck, H.; Schimper, A.F.W. (1994) *Tratado de Botánica*, Omega, Barcelona: 1068.
- Toursarkissian, M. (1980). *Plantas medicinales de la Argentina*. Hemisferio Sur, Buenos Aires: 178.
- Zardini, E.M. (1984). "Etnobotánica de Compuestas argentinas, con especial referencia a su uso farmacológico". *Acta Farmacéutica Bonaerense* 3: 77-99.
- Zuloaga, F.O.; Morrone, O.; Belgrano, M.J. (eds.). (2008). "Catálogo de las plantas del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay)", vol. 2 y vol. 3. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 107: 985-3348 [en línea]. <http://www.darwin.edu.ar/> [Consulta: Julio 2013].