

Anatomía de *Lepidium peruvianum* Chacón (Brassicaceae)

Graciela I. Ponessa, María F. Parrado y Marcela Hernández

Instituto de Morfología Vegetal, Dirección de Botánica, Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, código postal 4000, San Miguel de Tucumán, Argentina. E-mail: graponessa@hotmail.com

R E S U M E N — Graciela I. Ponessa, María F. Parrado y Marcela Hernández. 2004. Anatomía de *Lepidium peruvianum* Chacón (Brassicaceae). Lilloa 41 (1-2). La "maca", "ginseng peruano", es la única especie del género cultivada en los Andes Peruanos, entre los 3400 y 4800 m s.m. como fuente de alimento y medicina.

El objetivo de este trabajo es la caracterización anatómica de las hojas apicales, raíz, hipocótilo y semilla. Se estudió material procedente de Perú.

La lámina foliar es pinnatifida a bipinnatifida. Cutícula estriada. La epidermis con células lobuladas, de diferentes tamaños. Anfiestomática, estomas anisocíticos. Tricomas de tres tipos. Mesófilo homogéneo. Células con mirosina en epidermis, mesófilo y vaina de los haces. La raíz y el hipocótilo constituyen la parte succulenta de la planta. Posee crecimiento secundario inusual con haces anficribales y parénquima xilemático y cámbium secundario. La raíz primaria presenta una estructura diarca y parénquima cortical aerífero. La semilla tiene testa triestrata con epidermis mucilaginoso y embrión notorizo.

Palabras claves: anatomía, hoja, raíz, hipocótilo, semilla, *Lepidium peruvianum*.

S U M M A R Y — Graciela I. Ponessa, María F. Parrado y Marcela Hernández. 2004. Anatomy of *Lepidium peruvianum* Chacón (Brassicaceae). Lilloa 41 (1-2). "Maca", "peruvian ginseng", is the only species of the genus tamed in the Peruvian Andes, between 3400 and 4800 altitude, as a source of food and medicine.

The objective of this paper, is the anatomic characterization of the leaf, root - hypocotyl and seed. Peruvian material was studied

The leaf blade pinnatifid to bipinnatifid. Striated cuticle. The epidermis with different size lobulated cells. Anfiestomatic. Anisocytic stomata. Three types of trichomes. Homogeneous mesophyll. Cells with mirosine in epidermis, mesophyll and bundles sheat. Root and hypocotyl constitute the succulent part of the plant. The root presents a diarc structure and cortical parenchyma with air chambers. The hypocotyl has unusual and secondary growth with abundant xylematic parenchyma and secondary cámbium with cortical anficribal vascular bundles. Seeds have three layered testa with mucilaginous epidermis and notorhizal embryo.

Key words: anatomy, leaf, root, hypocotyl, seed, *Lepidium peruvianum*.

Introducción

La familia Brassicaceae se caracteriza por sus propiedades alimenticias, industriales, medicinales y ornamenta-

les. *Lepidium* es cosmopolita con alrededor de 130 especies. En Argentina está representado por 23 especies de

las cuales 9 son endémicas (Zuloaga & Morrone, 1999). Según Brako & Zaruchi (1993) son 15 las especies en el territorio peruano. *Lepidium peruvianum* Chacón fue considerada como *L. meyenii* Walp. en Perú hasta la publicación del trabajo de Chacón de Popovici (1990). Basados en la observación morfológica de los hypocótilos y semillas del material en estudio y de acuerdo a la clasificación de Engler & Prantl (1919), modificado por Melchior en 1964, Hamilton Beltran S., Severo Baldeón M. y Elida Carillo F., biólogos de la Universidad de San Marcos (c.p.) determinaron que se trata de *L. peruvianum* Chacón. Es considerada la única especie del género domesticada en los Andes, las demás son silvestres y malezas en la zona andina.

Lepidium peruvianum es vulgaramente conocida como maca, maha, Dr. Macasi, huto-huto, maino, ayak, chichira, ayak willku, ginseng peruano. Se piensa que las culturas preincas de la puna central ya usaban la maca como fuente de alimento. Se cultiva en los departamentos de Pasco y Junín. Crece en la cota altitudinal de 3.400-4.800 m s.m. y se cultiva en la puna a una temperatura media anual superior a 0 °C (National Research Council, 1989).

La maca es ampliamente conocida por sus propiedades nutritivas y medicinales. Los hypocótilos se consumen frescos, cocidos o se almacenan para su consumo posterior. Los usos medicinales que se registran son para la anemia, desórdenes menstruales, menopausia, tuberculosis, como afrodisíaco y energizante, problemas reumáticos, respiratorios y como laxante (Cabienes, 1997, Hermann & Heller (eds), 1997 y

Obregón Vilches, 1998.). Se detectaron los aminoácidos: lisina, metionina, triptófano (Espinoza Tumialán & Poma Mansilla, 1995 en Obregón Vilches, 1998). Posee Fe 16,6 mgm / 100 g de peso seco (Dini et al, 1994), vitaminas (Inst. de Nutrición peruana, INCAP, ICNND).

El género fue revisado por Hitchcock (1945), que cita 42 especies sudamericanas.

Los antecedentes anatómicos a nivel de familia y género se encuentran en Metcalfe & Chalk (1950). La anatomía foliar de 6 especies argentinas de *Lepidium* fue estudiada por Diorio (1986) para buscar nuevos caracteres que contribuyan a una clara delimitación entre ellas. Los caracteres morfológicos e interpretaciones fisiológicas particulares de especies cultivadas fueron reportados por Hayward (1953), en especial a lo referente a *Raphanus sativus* (Brassicaceae) y *Beta vulgaris* (Chenopodiaceae) con raíces especializadas como órganos de almacenamiento.

Vaughan & Whitehouse (1971) estudian la morfología externa y la anatomía de las semillas de 90 géneros y 200 especies de Brassicaceae.

Obregón Vilches (1998), considera a *L. campestre* (L.) R. Br., *L. densiflorum* Schrader, *L. ramosissimum* A. Nelsón y *L. sativum* L. y esboza observaciones sobre la estructura interna de *L. peruvianum*.

El objetivo del presente trabajo es el estudio de la anatomía de las hojas apicales, raíz, hypocótilo y semilla de *L. peruvianum* Chacón útiles para investigaciones taxonómicas y de control de calidad de drogas y alimentos.

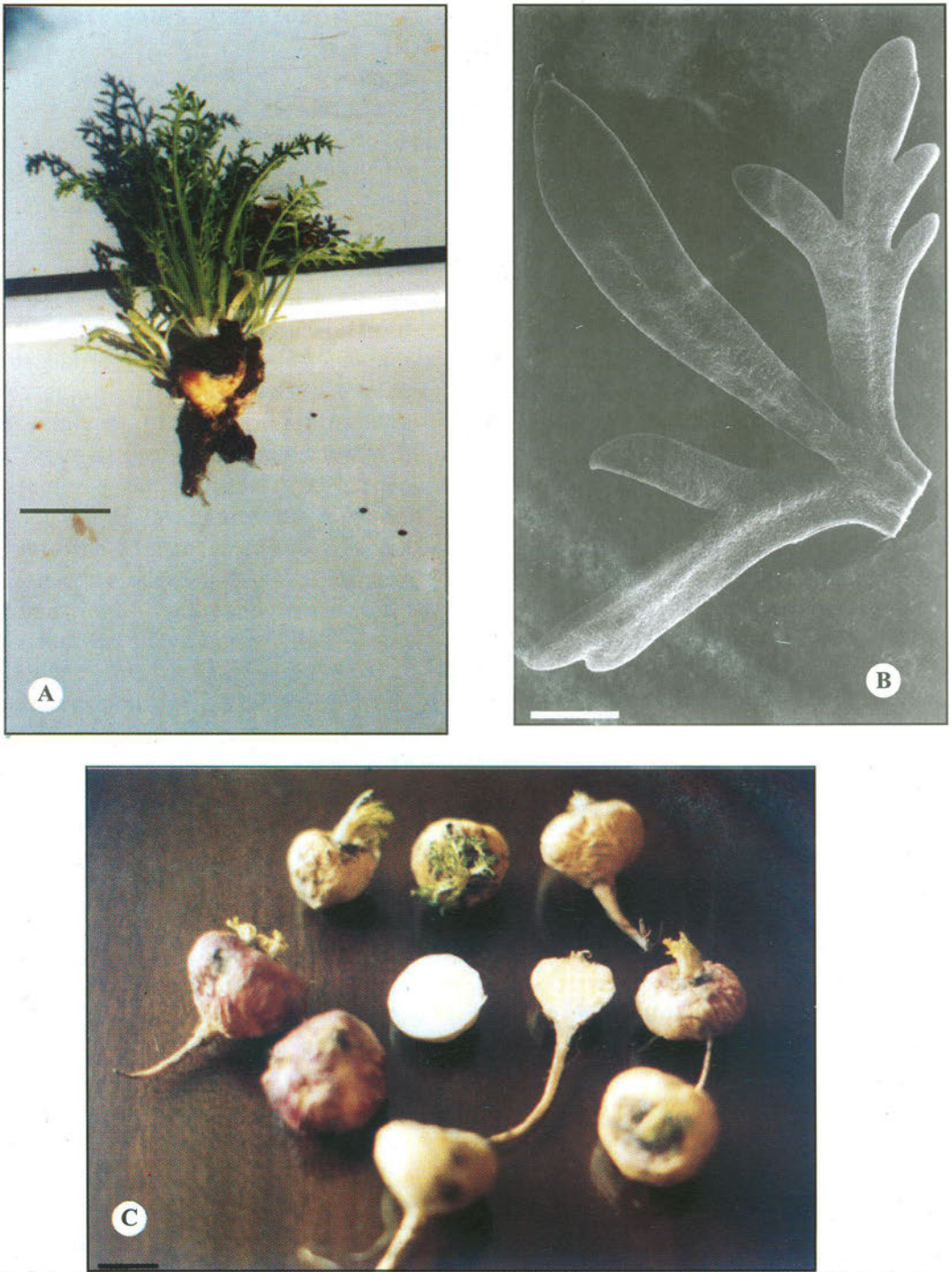


Fig. 1. *L. peruvianum*: A- aspecto general de la planta; B- detalle de la porción distal de la lámina foliar (M.E.B.); C- aspectos generales de raíz e hipocótilos.
Escala: A, C = 1,8 cm, B = 1000 µm.

Materiales y métodos

Hipocótilos y semillas procedentes de La Aldea del distrito de Llave, provincia de Chucuito, departamento de Puno (3.941 m s.m.), que se cultivaron en la ciudad de San Miguel de Tucumán, R.A. Se realizó el estudio anatómico de material fresco y fijado en FAA para microscopía óptica y en glutaraldehído para microscopía electrónica de barrido. Se procesaron hojas apicales en su parte media. Para hipocótilo y raíz se cortó a diferentes niveles. Se realizaron preparados temporales (corte a mano alzada) y permanentes mediante la técnica de inclusión en parafina (Johansen, 1940). Se realizaron cortes de 5 a 7 μm de espesor, los que fueron coloreados con safranina - fast green y hematoxilina - eosina (Dizeo de Strittmatter, 1979). Para la observación de la epidermis se realizaron diafanizados según la técnica de Strittmatter (1973). Los tests histoquímicos con orceína, para detectar mirosina y con ácido clorhídrico para carbonato de calcio (Johansen, op. cit.). La identificación de mucílago se realizó con rojo de rutenio (Langeron, 1925) y azul de crecil (D'Ambrogio de Argüeso, 1986). Los preparados temporales se montaron en agua-glicerina y los definitivos en bálsamo de Canadá. Se obtuvieron los índices estomáticos según Salisbury (1927). Se trabajó con microscopio Wild M20. La caracterización del embrión se realizó sobre la base de la terminología propuesta por De Candolle en 1824 (Vaughan & Whitehouse, 1971). Las muestras de M.E.B. fueron procesadas en el Laboratorio de Microscopía Electrónica del Noroeste

(LAMENOA), las semillas fueron tratadas con un baño de oro paladio y se tomaron fotografías con un equipo Jeol JSM 35 CF (CONICET, Tucumán).

● Material examinado: Perú. Dep. Puno. Prov. Chucuito. Aldea del Distrito de Llave. 3941 m s.m. 30-IX-01. G. Ponessa s/n. (LIL 606315)

Resultados

Lepidium peruvianum es bienal, de tallo breve, con un macollo de hojas simples, las basales dispuestas en roseta radial adpresas al suelo, con los pecíolos de 2-3 cm de longitud, de margen escarioso (Fig. 1, A). Las hojas son de menor tamaño hacia el ápice, subsésiles a sésiles. La lámina es de contorno oblongo, de pinnatífido a bipinnatífido de 7-12 cm de long. x 1,5-2,5 cm de lat., con ápice agudo (Fig. 1, B). En corte transversal tiene contorno lunular a anchamente elíptico con nervio medio prominente en la superficie abaxial y márgenes obtusos. Anfiestomática. Cutícula estriada que forma bridas, epidermis uniestrata, en vista superficial con células de paredes lobuladas, la periclinal externa convexa. Espesores de cutícula ($n=10$): adaxial 5,56 μm y abaxial 5,15 μm (Fig. 2, A y B). Se presentan células idioblásticas en la epidermis adaxial ($n=40$) de 62,9 μm x 28,65 μm y la abaxial de 89,92 μm x 41,1 μm (Fig. 2, G). El aparato estomático es anisocítico, Las células oclusivas a igual nivel que las células epidérmicas, excepcionalmente se observan hasta cuatro células anexas. El tamaño de los estomas ($n=100$) de la epidermis

adaxial es de 20,6 μm de long. x 18,71 μm de lat., SD= 0,59; x 0,42. IE= 30,72 (n= 40), SD= 2,92, el de la abaxial, (n= 100) es de 25,6 μm de long. x 22,53 μm de lat., SD= 0,84 x 0,53, IE= 29,03 (n= 40), SD= 2,01. (Cuadro 1). Se observan tricomas de tres tipos, distribuidos en la epidermis adaxial: a- simples, unicelulares con paredes rugosas por la presencia de incrustaciones de carbonato de calcio (Fig. 2, D), b- glandulares con pie pluricelular uniseriado y cabeza unicelular ovoide, y c- tricomas simples en cojín (Fig. 2, C, E y F).

El mesófilo es homogéneo, compacto hasta 6 estratos (Fig. 2, G). Las semiláminas son asimétricas con respecto al número de haces vasculares secundarios. El haz vascular del nervio medio de 1er orden es colateral, cerrado con vaina parenquimática completa, presenta células idioblásticas. Los haces vasculares secundarios de 2do y 3er orden son colaterales, los cercanos al margen solo presentan xilema, tienen vaina parenquimática completa e idioblastos con mirosina. Se localizan células con mirosina en epidermis, mesófilo y células de la vaina de los haces.

La raíz y el hipocótilo constituyen la porción succulenta de la planta. El tamaño, la forma y el color del eje carnoso varían, pueden ser esféricos, cilíndricos o cónicos y muy alargados; el color varía desde el blanco crema al rosado y rojo. La porción superior del eje primario carnoso está prácticamente desprovista de raíces laterales y consiste en un hipocótilo engrosado cuya organización vascular es de transición. El polo distal es plano cónico, comestible, de 6 a 8 cm de diámetro, con la raíz principal de longitud variable y numerosas raíces laterales (Fig. 1, C).

La raíz en corte transversal tiene un diámetro de 0,4 mm; presenta peridermis, parénquima cortical con numerosos espacios aéreos, periféricos, un cilindro vascular céntrico estrellado, con dos arcos de xilema secundario, que revelan el carácter diarco de la raíz primaria (Fig. 3, A y B).

El corte transversal en la zona apical del hipocótilo tiene un diámetro de 0,9 mm; presenta crecimiento secundario y se evidencian yemas laterales. Externamente se observa una peridermis, con placas de súber que se desprenden como escamas (Fig. 3, C). In-

	Epidermis adaxial	Epidermis abaxial
Espesor cutícula (μm)	5,56	5,15
SD	0,05	0,032
Estomas (μm)	20,6 x 18,71	25,6 x 22,53
SD	0,58 x 0,42	0,84 x 0,53
Índice estomático	30,72	29,03
SD	2,92	2,01
Idioblastos (μm)	64,9 x 27,63	89,4 x 38,78
SD	3,70 x 2,99	3,70 x 3,28
Células típicas	28,83 x 19,78	29,88 x 23
SD	2,99 x 2,82	3,53 x 3,35

Cuadro 1. Cuantificación de caracteres epidérmicos.

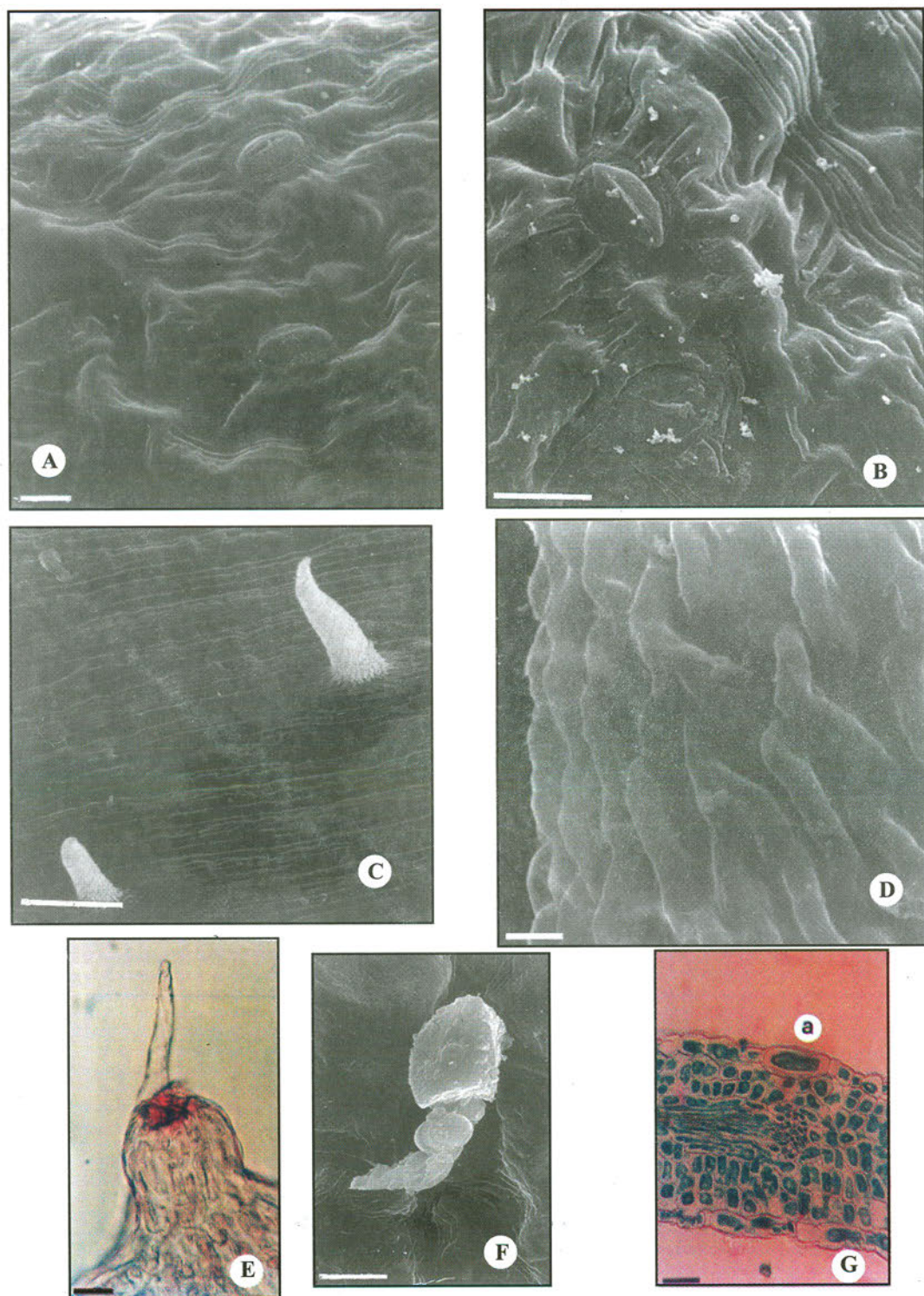


Fig. 2. *L. peruvianum*: Hoja. A- epidermis adaxial; B- epidermis abaxial; C- tricomas simples, unicelulares; D- detalle de la superficie del tricoma simple unicelular; E- tricoma simple en cojín; F- tricoma glandular; G- corte transversal de lámina foliar (a: idioblasto). A, B, C, D, F (M.E.B.), E y G (M.O). Escala: A, B, F = 10 μ m, C = 50 μ m, D = 1 μ m, E, G = 22, 5 μ m.

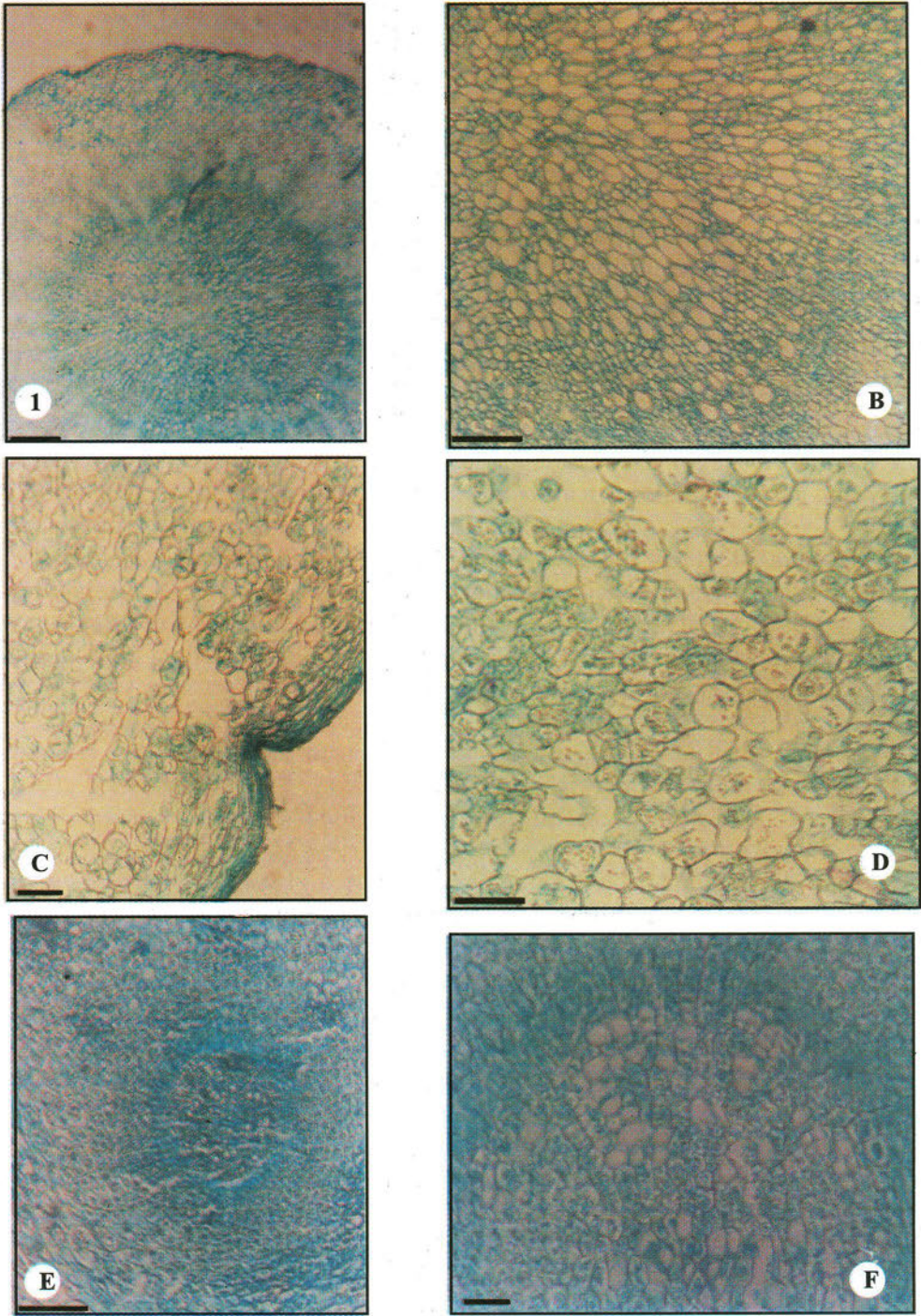


Fig. 3. *L. peruvianum*: **Raíz.** A- corte transversal de raíz secundaria; B- detalle de cilindro vascular; **Hipocótilo.** C- detalle de la región cortical externa; D- parénquima reservante; E- haz vascular (crecimiento terciario); F- detalle del haz vascular. (M.O.). Escala: A = 84,7 μ m, B, D, F = 22,5 μ m, C = 100 μ m, E = 220 μ m.

ternamente se presenta un cilindro vascular estrellado, con cámbium continuo, xilema secundario con vasos dispuestos en hileras radiales y numerosos radios parenquimáticos. El corte transversal a nivel medio del hipocótilo tiene un diámetro de 3,2 cm, manifiesta crecimiento secundario inusual con abundante parénquima xilemático central y círculos de cámbium secundario que originan haces vasculares anfibriales insertos en el parénquima cortical (Fig. 3, D, E y F).

Gineceo de ovario súpero bilocular, bicarpelar con un óvulo en cada lóculo de placentación axilar, estilo corto y estigma ligeramente globoso. El fruto es una silícula de 4-5 mm de long. x 2-3 mm de lat. con sépalos persistentes, dehiscencia longitudinal. Semilla ovoide de 1,97 mm x 1,05, ($n=20$), $SD=0,121 \times 0,076$, castaño claro-oscuro, superficie seminal escalariforme (Fig. 4 A y B). Testa triestrata: a- epidermis con células mucilaginosas, poligonales a rectangulares, de paredes delgadas, b- estrato en empalizada con engrosamientos en las paredes tangenciales internas y en las paredes radiales hasta la mitad de su longitud y c- parénquima interno, a veces pigmentado (Fig. 4, E y F).

Presencia de endosperma amiláceo con el estrato externo diferenciado en una capa de aleurona. Embrión notorrizo, radícula incumbente con trazas de procámbium en cotiledones y radícula (Fig. 4, C, E y F). Células epidérmicas de los cotiledones, poligonales de paredes rectas (Fig. 4, D).

Discusión y conclusión

La caracterización anatómica realizada del género *Lepidium* por Metcalfe & Chalk (1950): epidermis uniestrata, estomas anisocíticos, haces vasculares colaterales y células idioblásticas con mirosina son coincidentes para la especie *Lepidium peruvianum*. Este aporte consigna que el aparato estomático anisocítico puede presentar hasta cuatro células anexas de distinto tamaño y se determina la ubicación espacial de las células con mirosina en epidermis, vainas parenquimáticas del haz y mesófilo.

Diorio (1986) estudió la anatomía de seis especies argentinas de *Lepidium*. En sus observaciones al nivel de género cita: estomas anisocíticos agrupados en islas, tricomas simples con incrustaciones de sílice, crea dos grupos basándose en la variación interespecífica de presencia o ausencia de fibras lignificadas en la vaina del haz. Carácter este que le permite identificar dos tipos de hojas: bifaciales y unifaciales con doble vaina en los haces secundarios. Las autoras registran el tipo estomático, pero no agrupados en islas, ausencia de fibras lignificadas en la vaina del haz y hoja unifacial. No concordamos con la presencia de la doble vaina en el haz, como carácter a nivel genérico, reafirmamos lo ya observado por Metcalfe y Chalk (op. cit.), donde los haces vasculares presentan una sola vaina del haz. Diorio (op. cit.) hace referencia a células epidérmicas de diferentes tamaños con la denominación de células cortas y largas, (120 y 130 μm). Este aporte considera a las células largas como

idioblásticas con una media para la epidermis adaxial de 64,9 μm y para la epidermis abaxial de 89,4 μm . Se observan tres tipos de tricomas uno de ellos con incrustaciones de carbonato de calcio. Hay una correspondencia entre la densidad estomática adaxial, respecto a los índices estomáticos encontrados por las autoras.

Hayward (1953) expresa que el crecimiento terciario es característico de especies con estructuras almacenadoras, que desarrollan un cámbium secundario a partir del periciclo o del floema, en este trabajo hacemos referencia a un crecimiento secundario inusual.

Obregón Vilches, (1998) presenta estudio morfológico de raíz, tallo secundario y hoja. Con respecto a la morfología de la hoja, a determinados caracteres: espesor de la cutícula y estomas, los presenta de un modo subjetivo ya que consigna para la descripción de la especie: cutícula gruesa y estomas escasos. Epidermis adaxial múltiestrata, mayor densidad estomática en la epidermis adaxial, empalizada triestrata con meatos, hoja bifacial y haces colaterales secundarios rodeados por fibras. Las autoras cuantifican el espesor de la cutícula, los tamaños de las células epidérmicas (idioblásticas, típicas, estomas) y el índice estomático de ambas epidermis. Se observa epidermis adaxial uniestrata. Mesófilo de hasta 6 estratos. Hoja unifacial, haces vasculares con vaina parenquimática. La estructura de almacenamiento se interpreta como hipocótilo.

Se concluye que los caracteres anatómicos de valor diagnóstico son: cutícula estriada, hoja anfiestomática, mesófilo homogéneo, tricomas de tres

tipos, mirosina en epidermis, mesófilo y vaina de los haces. Al nivel de raíz primaria se manifiesta una estructura diarca y parénquima cortical aerífero. El hipocótilo presenta crecimiento secundario inusual con haces corticales anficribales y abundante parénquima xilemático. La semilla provista de una testa triestrata con epidermis mucilaginosa y embrión notorizo.

Referencias bibliográficas

- Brako, L. & J. L. Zaruchi, 1993. Catálogo de las Gimnospermas y Angiospermas del Perú Editorial Missouri Botanical Garden, vol. 45, 1286 pp. En: L. Obregón Vilches, 1998. Maca. Planta Medicinal y Nutritiva del Perú. 1ª edic. Inst. de Fitoterapia Americano. 182 pp.
- Cabieses, F., 1997. La Maca y la Puna. U de San Martín de Porres. Esc. Profesional de Turismo y Hotelería. 105 pp.
- Chacón de Popovici, G. 1990. La maca (*Lepidium peruvianum* Chacón sp. nov.) y su habitat. Revista Peruana de Biología 3 (2): 169-272. Lima.
- D' Ambrogio de Argüeso, A., 1986. Manual de Técnicas en Histología Vegetal. Ed. Hemisferio Sur. 83 pp.
- Dini, A.; G. Migliuolo; L. Rastrelli; P. Saturnino & O. Schettino, 1994. Chemical composition of *Lepidium meyenii*. Food Chemistry 49: 347-349. En: Cabieses, F. 1997. La Maca y la Puna. U de San Martín de Porres. Esc. Profesional de Turismo y Hotelería. 105 pp.
- Diorio, L. A., 1986. Anatomía foliar de seis especies argentinas del género *Lepidium* (Cruciferae). Parodiana 4 (1): 1-16.
- Dizeo de Strittmatter, C. G., 1973. Nueva técnica de diafanización. Bol. Soc. Argent. Bot. 15 (1): 126-129.
- , 1979. Modificación de una coloración safranina-fast green. Bol. Soc. Argent. Bot. 18 (3-4): 122.
- Engler, G. & Prantl, 1919. Syllabus Der Pflanzenfamilien, Berlín-verlag Von Gebrieder Nerntreager W 35 Schoebergerufer 12.
- Espinoza Tumialán, C. L. & I. P. Poma Mansilla, 1995. Determinación de aminoácidos

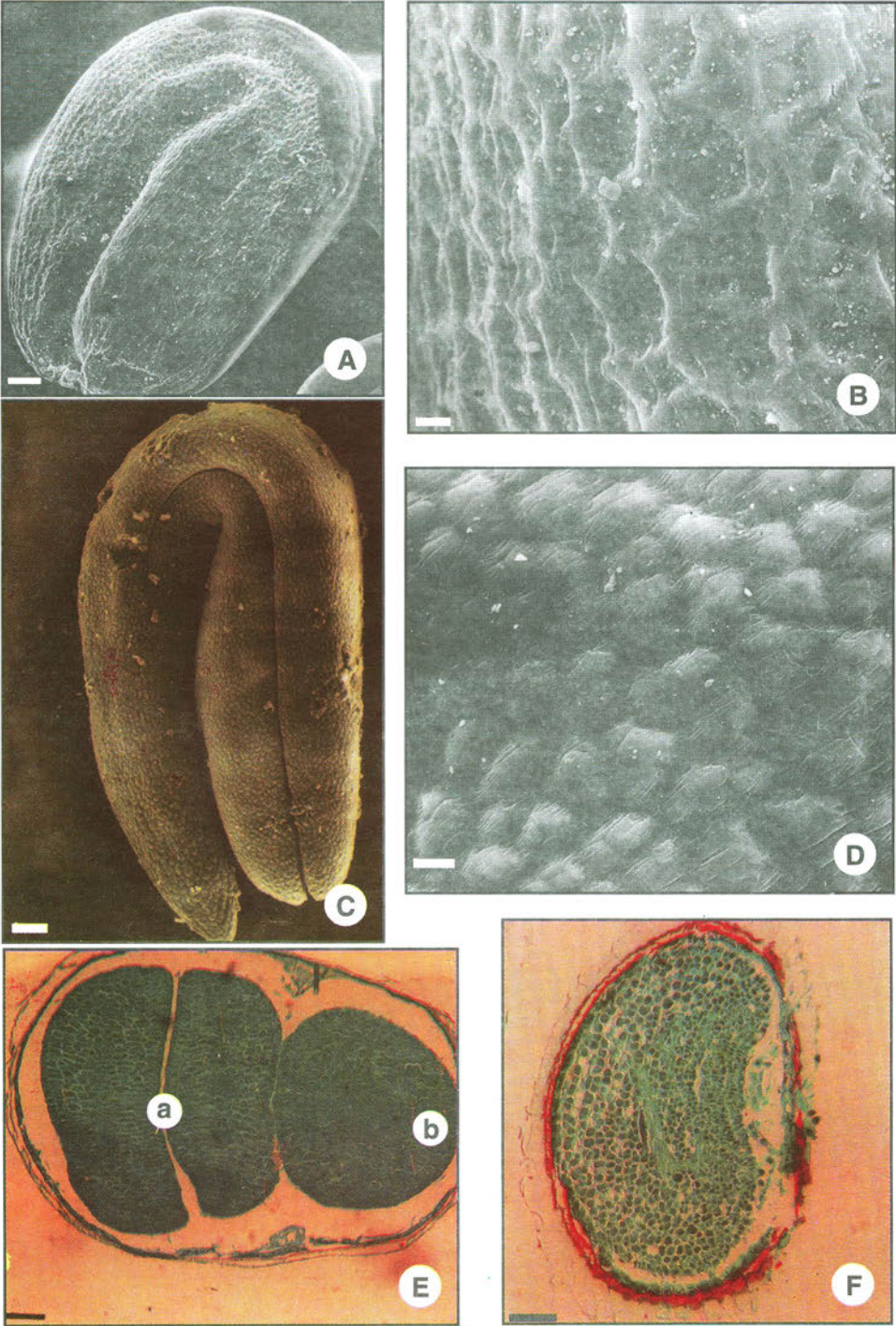


Fig. 4. *L. peruvianum*: Semilla. A- aspecto general; B- aspecto de la testa; C- embrión curvo, notorhizo; D- superficie del cotiledón; E- corte transversal de semilla (a: cotiledones, b: radícula); F- corte longitudinal de semilla. A, B, C y D (M.E.B.), E y F (M.O.). Escala: A, C = 100 μ m, B, D = 10 μ m, E, F, = 84,7 μ m.

- escenciales de la maca (*Lepidium meyenii*) y elaboración de una mezcla proteica a base de alimentos andinos. Tesis. Universidad del Centro de Perú. En: Cabieses, F. 1997. La Maca y la Puna. U de San Martín de Porres. Esc. Profesional de Turismo y Hotelería. 105 pp.
- Hayward, H. E., 1953. Estructuras de las Plantas Útiles. Edit. Acme, S.A. 667 pp.
- Hitchcock, C. L., 1945. The South American species of *Lepidium*. Lilloa 11: 75-134.
- Johansen, D. A., 1940. Plant Microtechnique. McGraw-Hill Book Company, Inc. 1ª edición. 523 pp.
- Langeron, M., 1925. Précis de Microscopie. Paris. Masson et Cie Editeurs. 1034 pp.
- Metcalfe, C. R. & L. Chalk, 1950. Anatomy of the dicotyledons. 2 vols. Oxford, Clarendon Press.
- National Research Council. 1989. Lost Crops of the Incas: Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation. National Academy Press, Washington, D. C. pp. 57-65.
- Obregón Vilches, L., 1998. Maca. Planta Medicinal y Nutritiva del Perú. 1ª edic. Inst.de Fitoterapia Americano. 182 pp.
- Hermann, M. & J. Heller, editors. 1997. Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacón. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 21. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. pp 173-197.
- Salisbury, E. J., 1927. On the causes and Ecological Significance of Stomatal Frequency with Special Reference to The Woodland Flora. Rg. Soc. London 216 (II): 1-65.
- Vaughan, J. G. & J. M. Whitehouse, 1971. Seed structure and the taxonomy of the Cruciferae. Bot. J. Linn. Soc. 64: 383-409.
- Zuloaga, F. O. & O. Morrone (eds.), 1999. Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina II. Missouri Botanical Garden Press.