

Morfología y anatomía de los órganos vegetativos de *Smallanthus connatus* (Heliantheae: Asteraceae)

Coll Aráoz, María V.^{1,2}; María I. Mercado¹; Graciela I. Ponessa¹; Alfredo Grau²

¹ Instituto de Morfología Vegetal. Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251.

² Instituto de Ecología Regional. Facultad de Ciencias Naturales e I. M. L. Universidad Nacional de Tucumán. victoriacoll@hotmail.com, ponessagra@gmail.com.

► **Resumen** — Coll Aráoz, María V.; María I. Mercado; Graciela I. Ponessa; Alfredo Grau. 2012. "Morfología y anatomía de los órganos vegetativos de *Smallanthus connatus* (Heliantheae: Asteraceae)". *Lilloa* 49 (1). *Smallanthus connatus* (Spreng.) H. Robinson es una planta nativa del Noreste de Argentina, Paraguay, Uruguay y Sur de Brasil que se encuentra estrechamente emparentada con el yacón (*Smallanthus sonchifolius*), un cultivo andino precolombino utilizado como alimento funcional y nutracéutico. *S. connatus* podría utilizarse en el futuro en cruzamientos con *S. sonchifolius*, por ello el estudio de la morfología y anatomía de esta especie silvestre es de gran interés. *S. connatus* presenta hojas con pecíolo alado auriculado connado con el de la hoja opuesta. Hojas anfiestomáticas, epidermis con células de paredes anticlinales sinuosas, tricomas eglandulares uniseriados y glandulares biseriados. Nervio medio con colénquima subepidérmico, 3-5 haces colaterales y canales secretores esquizógenos en el parénquima circundante. Tallo hexagonal, pubescente con tricomas eglandulares y glandulares de pie elongado. Raíces tuberosas 1-3 cm de diámetro por 50 cm de longitud, con canales secretores esquizógenos en el parénquima cortical, adyacentes a la endodermis.

Palabras clave: Morfología, anatomía, órganos vegetativos, *Smallanthus connatus*.

► **Abstract** — Coll Aráoz, María V.; María I. Mercado; Graciela I. Ponessa; Alfredo Grau. 2012. "Morphology and anatomy of vegetative organs from *Smallanthus connatus* (Heliantheae: Asteraceae)". *Lilloa* 49 (1). *Smallanthus connatus* (Spreng.) H. Robinson is a native species from the Northeast of Argentina, Paraguay, Uruguay and South of Brazil; closely related to yacón (*Smallanthus sonchifolius*), an ancient Andean crop used as functional and nutraceutical food. The study of the morphology and anatomy of this wild specie is very interesting due to the fact that it could be employed in crossbreeding with *S. sonchifolius*. *S. connatus* presents simple leaves, winged petiole with basal auricles connated with the opposed leaf. Leaves are amphistomatic, epidermic cells with sinuated walls, uniseriated non-glandular trichomes and biseriaded glandular trichomes. Central vein with subepidermic collenchyma, 3-5 collateral vascular bundles and secretory schizogenous canals in the surrounding parenchyma. Hexagonal shaped stem with nonglandular and glandular trichomes. Tuberosous roots 1-3 cm width per 50 cm long, with secretory schizogenous canals in the cortical parenchyma, adjacent to the endodermis.

Keywords: Morphology, anatomy, vegetative organs, *Smallanthus connatus*.

INTRODUCCIÓN

Smallanthus connatus (Spreng.) H. Robinson, (Asteraceae, Heliantheae), es una planta herbácea, sufrútice hemicriptófito, de hasta 3 m de altura (Fig. 1, A, B), nativa del Noreste de Argentina, representada también en los países de Paraguay, Uruguay y Sudeste y Sur de Brasil donde crece en am-

bientes disturbados, como costados de caminos y campos abandonados. Esta estrechamente emparentada con *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson, "yacón", un cultivo andino precolombino que ha cobrado relevancia en las últimas décadas debido a sus cualidades como alimento funcional y nutracéutico.

S. connatus presenta una inflorescencia (Fig. 1, C) muy similar en aspecto a *S. macrocyphus*; en ambas especies las flores son de co-

lor amarillo pálido y las flores radiales liguladas están dispuestas en dos series. Algunos autores han considerado estas especies como sinónimos (Wells, 1965; Robinson, 1978) sin embargo, los taxónomos sudamericanos (Cabrera, 1978; Zardini, 1991; Grau y Rea, 1997) las consideran dos especies distintas.

Las hojas de *S. connatus* contienen lactonas sesquiterpénicas tipo melampólido, principalmente fluctuanina (Bach *et al.*, 2007). La actividad hipoglucemiante del yacón ha sido atribuida a las lactonas sesquiterpénicas de sus hojas y a los compuestos fenólicos de las mismas (Genta *et al.*, 2010).

S. connatus presenta raíces tuberosas que, como el yacón, almacenan fructooligosacáridos y presentan ácido kaurenico y derivados (Coll Aráoz *et al.*, 2010), compuestos con numerosas actividades biológicas, tales como hipoglucemiante (Bresciani *et al.*, 2004), analgésica (Block *et al.*, 1998), antitumoral, anti-HIV, antimicrobiana (Ghisalberti, 1997), antiinflamatoria (Paiva *et al.*, 2002), entre otras.

Por ser las especies de *Smallanthus* ricas en compuestos biactivos, resulta de gran interés el estudio de la anatomía de *S. connatus* ya que podría ser utilizada ulteriormente para realizar preparados fitoterápicos análogos a los provenientes del yacón o podría utilizarse en cruzamientos con este último para mejorar el rendimiento o el contenido de compuestos bioactivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron raíces, hojas y tallos de *S. connatus* cultivado en el Centro Universitario Horco Molle (CUHM), Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Tucumán, Argentina. El material es originario de Punta Lara, Provincia de Buenos Aires y se mantuvo en cultivo desde Noviembre de 2004.

Las plantas fueron colectadas durante los meses de Septiembre, Noviembre y Diciembre del año 2006. De tres individuos se seleccionaron hojas maduras de la zona media del eje principal y secciones de 2 cm de longitud, tomadas del segundo entrenudo del tallo del eje principal.

La descripción de la arquitectura foliar se realizó según la terminología de Hickey (1974). Para los estudios de venación se realizaron diafanizados empleando la técnica de Dizeo de Strittmatter (1973).

Se fijó el material en FAA (formol, alcohol etílico, ácido acético, agua, 100:500:50:350 ml). Se realizaron cortes histológicos a mano alzada y con micrótopo rotativo Minot, con el cual se realizaron cortes de 5 a 25 μm de espesor. La inclusión en parafina se realizó según Johansen (1940). Se utilizó coloración simple con safranina, violeta de cresilo, Sudán IV y coloración combinada sucesiva doble safranina-fast green para los cortes permanentes. Las observaciones se realizaron con microscopio óptico Wild M 20 con ocular micrométrico. Las fotografías se obtuvieron con cámara digital Kodak, 6.1 Megapíxeles.

Material examinado.— *Smallanthus connatus* (Spreng.) H. Robinson: Argentina. Tucumán. Dep. Yerba Buena. Horco Molle, Centro Universitario Horco Molle (CUHM), Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Tucumán, Argentina 26°47'S, 65°19'W a 547 m.s.n.m. A. Grau LIL607374.

RESULTADOS

HOJA

Las hojas de *S. connatus* son simples con prefoliación opuesta decusada (Fig. 1, B). Presentan pecíolo alado de margen dentado que se enangosta hacia la base foliar, rematando en dos aurículas connadas con las de la hoja opuesta, envainando el tallo (Fig. 1, D). La lámina presenta textura membranácea, es pubescente, de forma triangular simétrica, deltoide ovada, con margen dentado, ápice agudo/acuminado y base hastada, sagitada o cordada, generalmente con dos lóbulos basales. El tamaño promedio de las hojas es de 24 cm de longitud x 30 cm de latitud (Fig. 2, A). La venación primaria es de tipo actinódroma suprabasal (3 venas primarias divergen de un punto por encima de la base foliar). Las venas secundarias presentan un patrón camptódromo broquidódromo y divergen en ángulo

agudo respecto a las venas primarias, con un recorrido ligeramente curvado. Las venas intersecundarias y terciarias presentan un modelo de ramificación transversal.

Las hojas son anfiestomáticas con estomas anomocíticos. En vista paradermal, las epidermis presentan células poligonales de paredes lobuladas (Fig. 2 C, D). Cutícula delgada y lisa. Tricomas glandulares y

eglandulares se hallan presentes en ambas superficies foliares, pero en mayor densidad en la cara abaxial (Fig. 2, B). Los tricomas glandulares son pluricelulares, biseriados y con cabeza globosa bicelular (Fig. 2, D). El producto de secreción se acumula en el espacio subcuticular y se libera por acción mecánica. Los tricomas eglandulares son pluricelulares, uniseriados, flexuosos y rígidos (Fig.



Figura 1. *Smallanthus connatus* (Spreng.) H. Robinson. Aspecto general. **A:** Aspecto de la planta a campo en las proximidades de Santa Ana, Misiones. **B:** Aspecto general. **C:** Inflorescencia en capítulo. **D:** Detalle del peciolo alado connado con el de la hoja opuesta.

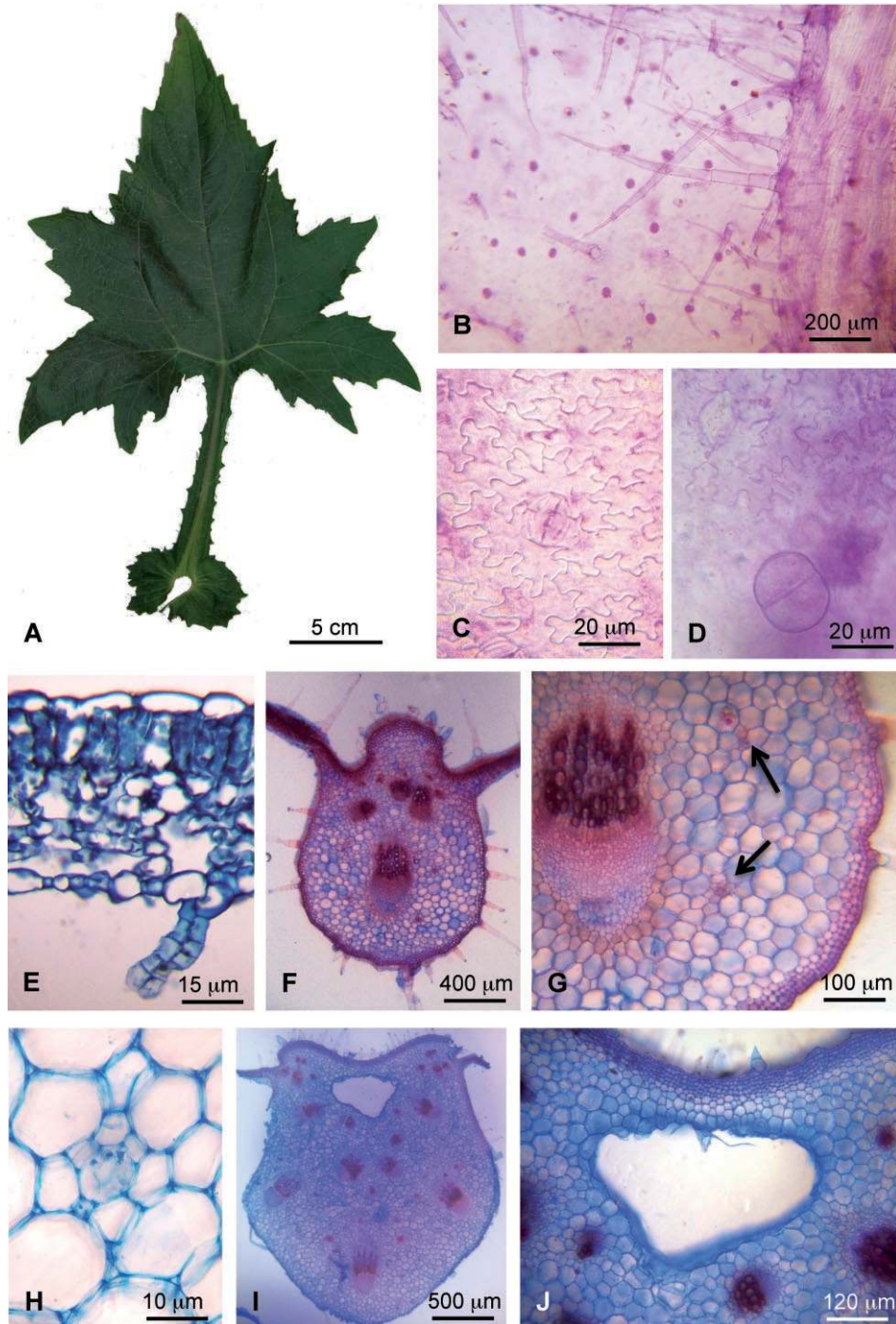


Figura 2. *Smalanthus connatus* (Spreng.) H. Robinson. Hoja. **A:** Aspecto de la hoja en vista adaxial. **B:** Epidermis abaxial. **C:** Detalle de epidermis adaxial. **D:** Detalle de epidermis abaxial con tricoma glandular. **E:** Transcorte de lámina. **F:** Transcorte de nervio medio. **G:** Detalle del transcorte de nervio medio mostrando un haz vascular, señalado canales secretores. **H:** Detalle mostrando un canal secretor. **I:** Transcorte de peciolo. **J:** Detalle del transcorte de peciolo mostrando un canal lisígeno.

2, B), con la base compuesta por un conjunto de 4 o más células en roseta.

En transcorte la lámina presenta mesófilo dorsiventral, parénquima en empalizada compuesto por 1-2 estratos de células y tejido esponjoso compacto de células isodiamétricas (Fig. 2, E).

Sobre la nervadura media, en ambas epidermis, se observa alta densidad de tricomas

eglandulares (Fig. 2, B, F). En corte transversal el nervio medio presenta 3-5 estratos de colénquima angular, laminar subepidérmico, 4-(9) haces vasculares colaterales abiertos con casquetes de colénquima a nivel del floema (Fig. 2, F, G). Se observan canales esquizógenos, generalmente 5-6, en el tejido parenquimático (Fig. 2, G, H).

Las nervaduras secundarias presentan

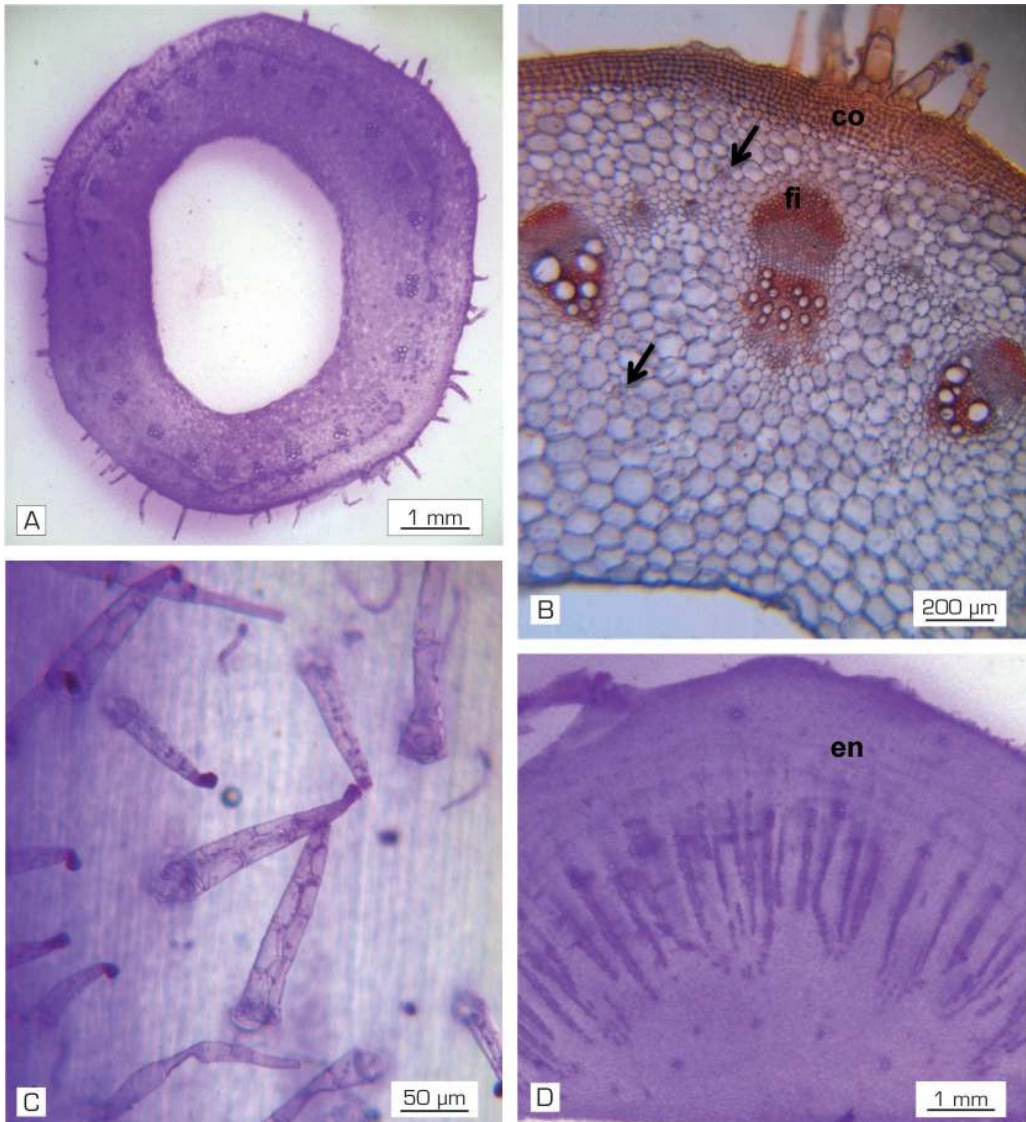


Figura 3. *Smallanthus connatus* (Spreng.) H. Robinson. Tallo. **A:** Aspecto del transcorte de tallo. **B:** Detalle de transcorte de tallo señalando canales secretores. **C:** Vista paradermal, epidermis con abundantes tricomas glandulares. **D:** Detalle del transcorte de rizoma. Abreviaturas: co, colénquima; en, endodermis; fi, fibra.

haces vasculares colaterales con una vaina parenquimática, a veces prolongada hacia las epidermis tanto adaxial como abaxial. Se registran además, conductos esquizógenos en el parénquima circundante.

En sección transversal del pecíolo alado se observa epidermis con paredes engrosadas, alta densidad de tricomas glandulares, 5 o más estratos de colénquima angular, laminar subepidérmico y numerosos haces vasculares colaterales abiertos, generalmente más de 9 (Fig. 2, I, J), algunos de los cuales presentan casquetes de colénquima a nivel del floema. Células parenquimáticas inter-

vasculares colapsan formando conspicuos canales lisígenos (Fig. 2, J).

TALLO

S. connatus presenta un rizoma subterráneo del cual emergen ramas caulinares aéreas que pueden alcanzar 2 metros de altura. Las ramas caulinares son verdes, subangulares, pubescentes con hojas de filotaxis opuesta decusada e inflorescencias terminales, constituidas por racimos de capítulos de floración centripeta.

El transcorte de los ejes aéreos es hexagonal con médula hueca (Fig. 3, A). Epider-



Figura 4. *Smallanthus connatus* (Spreng.) H. Robinson. Raíz. **A:** Aspecto general de las raíces tuberosas. **B:** Transcorte de raíz primaria con crecimiento secundario incipiente. **C:** Transcorte de raíz tuberosa. **D:** Detalle del transcorte de raíz tuberosa mostrando el parénquima cortical con canales secretores esquizógenos.

mis unistratificada de cutícula gruesa. Subepidérmicamente se observan seis a siete estratos de colénquima laminar, angular y lacunar, centrípetamente se halla parénquima clorofiliano que constituye el cortex parenquimático (Fig. 3, B).

El sistema vascular esta compuesto por un número variable de haces vasculares colaterales abiertos dispuestos en forma de anillo, constituyendo una eustela. Los haces presentan casquetes de fibras floemáticas (Fig. 3, B). En el parénquima cortical y medular se observan canales esquizógenos revestidos por epitelio unistrato. En vista paradermal presenta células epidérmicas poligonales con predominio del eje longitudinal de paredes periclinales rectas; se observan estomas, levemente elevados respecto de la superficie epidérmica, tricomas eglandulares pluricelulares uniseriados y numerosos tricomas glandulares biseriados con pie formado por 4-6 pares de células elongadas y cabeza bicelular (Fig. 3, C).

El rizoma de *S. connatus* presenta peridermis con lenticelas conspicuas, córtex parenquimático con canales secretores esquizógenos y médula parenquimática. El cilindro vascular es una estela ectofloica delimitada por endodermis (Fig. 3, D).

RAÍZ

S. connatus presenta raíces tuberosas fusiformes de 1-3 cm de diámetro y hasta 50 cm de longitud y raíces fibrosas absorbentes (Fig. 4, A). En algunas raíces tuberosas pueden observarse tricomas, aunque presenten peridermis desarrollada, una característica observada en otras Asteráceas (Almeida y Chaves, 2001).

Las raíces primarias son poliarcas. Las raíces que experimentan crecimiento secundario emergen del rizoma como raíces de mayor diámetro e inmediatamente comienzan un proceso de tuberización, manteniendo la corteza primaria por acción de la endodermis meristemática que sufre divisiones periclinales y anticlinales, originando células del córtex (Fig. 4, B). En el cilindro central se observan numerosos radios xilemáticos con parénquima paratraqueal (Fig. 4, C). En el parénquima cortical se observan canales secretores esquizógenos de gran diámetro adyacentes a la endodermis (Fig. 4, D).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio de *S. connatus* es parte de una línea de investigación en la cual se han estudiado con anterioridad *S. macroscyphus*

Tabla 1. Cuadro comparativo de las características morfológicas de hojas y raíces tuberosas de *Smallanthus connatus*,

	<i>S. connatus</i>	<i>S. macroscyphus</i> (Coll Aráoz <i>et al.</i> , 2008)	<i>S. siegesbeckius</i> (Mercado <i>et al.</i> , 2009)	<i>S. sonchifolius</i> (Mercado <i>et al.</i> , 2006)
Lámina foliar	De base hastada Generalmente con un par de lóbulos basales.	De base hastada, sagitada o cordada.	De base truncada a levemente sagitada.	De base hastada o subhastada.
Peciolo alado	Generalmente connado. De margen dentado.	Raramente connado. De margen dentado.	No connado. De margen liso.	Raramente connado. De margen dentado.
Raíces tuberosas	Alcanzan 60 cm de longitud y generalmente no superan los 3 cm de diámetro.	Alcanzan 60 cm de longitud y generalmente no superan los 3 cm de diámetro.	Alcanzan 20 cm de longitud y rara vez superan los 6 cm de diámetro.	Excepcionalmente alcanzan 20 cm de longitud y suelen superar los 6 cm de diámetro.

(Backer ex Martius) A. Grau (Coll Aráoz *et al.*, 2008), *S. siegesbeckius* (DC.) H. Robinson (Mercado *et al.*, 2009) y *S. sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson (Machado *et al.*, 2004; Mercado *et al.*, 2006).

S. connatus se caracteriza por la morfología de sus hojas y raíces tuberosas, que permiten diferenciarla de las otras especies estudiadas (Tabla 1).

Los caracteres anatómicos foliares y caulinares no presentan valor diagnóstico para la diferenciación de *S. connatus* respecto de *S. sonchifolius*, *S. macroscyphus* y *S. siegesbeckius*. En las raíces se observó que los canales secretores de origen endodérmico presentes en la corteza radical, están generalmente adyacentes a la endodermis en *S. connatus*, mientras que en *S. macroscyphus* la endodermis continúa conformando parte del epitelio del canal y en *S. sonchifolius* y *S. siegesbeckius* los canales están ubicados típicamente varios estratos celulares sobre la endodermis. Sin embargo este carácter es poco confiable por ser difícil de observar y presentar algunas excepciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, D. P.; A. L. F. Chavez. 2001. Morfo-anatomía de especie *Chrysanthemum leucanthemum* (Asteraceae). Revista de Biología e Ciencias da Terra 1: 1-8.
- Bach, S. M.; C. Schuff; A. Grau; C. A. N. Catalán. 2007. Melampolides and other constituents from *Smallanthus connatus*. Biochemical Systematics and Ecology 35 (10): 785-789.
- Block, L. C.; C. Scheidt; N. L. M. Quintao; A. R. S. Santos; V. Cechinel-Filho. 1998. Phytochemical and pharmacological analysis of different parts of *Wedelia paludosa* DC. (Compositae). Pharmazie 53: 716-718.
- Bresciani, L. F. V.; R. A. Yunes; C. Burger; L. E. Oliveira; K. L. Bóf; V. Cechinel-Filho. 2004. Seasonal Variation of Kaurenoic Acid, a Hypoglycemic Diterpene Present in *Wedelia paludosa* (*Acemela brasiliensis*) (Asteraceae). Z. Naturforsch. 59C: 229-232.
- Cabrera, A. L. 1978. Flora de la Provincia de Jujuy. Colección Científica del INTA, vol. XIII Parte X, Compositae. Buenos Aires, Argentina.
- Coll Aráoz, M. V.; M. I. Mercado; A. Grau; C. A. N. Catalán. 2010. Ent-kaurane derivatives from the root cortex of yacon and other *Smallanthus* species (Heliantheae, Asteraceae). Biochemical Systematics and Ecology 38 (5): 1042-1048.
- Coll Aráoz, M. V.; M. I. Mercado; A. Grau; G. I. Ponessa. 2008. Morfología y anatomía foliar, caulinar y radicular de *Smallanthus macroscyphus* (Asteraceae). Lilloa 45 (1-2): 23-33.
- Hickey, L. J. 1974. Clasificación de la Arquitectura de las Hojas de Dicotiledóneas. Boletín Sociedad Argentina de Botánica 16: 1-26.
- Dizeo de Strittmatter, C. 1973. Nueva técnica de diafanización. Boletín Sociedad Argentina de Botánica 15: 126-129.
- Genta, S.; W. M. Cabrera; M. I. Mercado; A. Grau; C. Catalán; S. Sanchez. 2010. Hypoglycemic activity of leaf organic extracts from *Smallanthus sonchifolius*: constituents of the most active fractions. Chemico-Biological Interactions 185: 143-152.
- Ghisalberti, E. L. 1997. The biological activity of naturally occurring kaurane diterpenes. Fitoterapia 68: 303-325.
- Grau, A.; J. Rea. 1997. Yacon. *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. En: Hermann M, Heller J (editores). Andean roots and tuberous roots: Ahipa, Arracacha, Maca and Yacon. Promoting the conservation and use of underutilized crops. IPK, Gatersleben/IPGRI, Rome. pp. 199-256.
- Johansen, D. A. 1940. Plant Microtechnique. Mc Graw Hill Book Co. New York: 523 pp.
- Machado, S. R.; D. M. T. Oliveira; M. R. Dip; N. L. Menezes. 2004. Morfoanatomia do sistema subterrâneo de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson (Asteraceae). Revista Brasileira de Botânica 27: 115-123.
- Mercado, M. I.; G. I. Ponessa; A. Grau. 2006. Morfología y anatomía foliar de yacón, *Smallanthus sonchifolius* (Asteraceae), con fines de control de calidad. Acta Farmacéutica Bonaerense. 25 (4): 526-532.
- Mercado, M. I.; M. V. Coll Aráoz; A. Grau; G. I. Ponessa. 2009. Morfología y Anatomía foliar, caulinar y radical de *Smallanthus siegesbeckius* (Heliantheae, Asteraceae). Lilloa 46 (1-2): 77-87.
- Paiva, L. A.; L. A. Gurgel; R. M. Silva; A. R. Tome; N. V. Gramosa; E. R. Silveira; F. A. Santos; V. S. Rao. 2002. Anti-inflammatory effect of kaurenoic acid, a diterpene from *Copaifera langsdorffii* on acid-induced colitis in rats. Vascular Pharmacology 39: 303-307.
- Robinson, H. 1978. Studies in the Heliantheae (Asteraceae). XII. Re-establishment of the genus *Smallanthus*. Phytologia 39 (1): 47-53.
- Wells, J. 1965. A taxonomic study of *Polymnia* (Compositae). Brittonia 17(2): 144-159.
- Zardini, E. 1991. Ethnobotanical notes on "yacon", *Polymnia sonchifolia* (Asteraceae). Economic Botany 45: 72-85.