

Estrategias y tácticas de supervivencia de *Cologania broussonetii* (Balb.) DC. (Fabaceae-Faboideae)

Strategies and survival tactics of *Cologania broussonetii* (Balb.) DC. (Fabaceae-Faboideae)

Perissé P¹, R Lovey², ML Molinelli¹, M Scandaliaris²

Resumen. *Cologania broussonetii* (Balb.) DC. se destaca como valiosa forrajera nativa perenne que crece en el Noroeste Argentino, Sierras de Córdoba y San Luis. Los objetivos fueron establecer las estructuras vegetativas y reproductivas en función de las estrategias y tácticas de supervivencia de *Cologania broussonetii*. Los ejemplares se recolectaron en el cerro Pan de Azúcar, Córdoba y parcelas experimentales de la FCA, UNC, y se obtuvieron plántulas a partir de ensayos de germinación. Se realizaron cortes de las estructuras de supervivencia de la planta adulta y de los órganos de la plántula, que fueron analizados con microscopio óptico y estereoscópico. Los estudios morfoanatómicos de las estructuras de supervivencia mostraron una estructura caulinar con complejos de yemas axilares (una yema axilar en cada nomófilo con dos perfiles fértiles); el análisis anatómico reveló una estructura de tallo secundaria, contráctil, con acumulación de almidón en la corteza y médula, características que concuerdan con los lignotubérculos. En el hipocótilo se desarrollan yemas adventicias que originan los lignotubérculos. Esta estructura explica la condición perenne de esta especie, y su adaptación para la supervivencia bajo condiciones ambientales adversas. Se reconoce la regeneración vegetativa y la producción de semillas como estrategias reproductivas, y los lignotubérculos como táctica de supervivencia de la especie.

Palabras clave: *Cologania broussonetii*; Lignotubérculo; Plántula; Hipocótilo; Persistencia.

Abstract. *Cologania broussonetii* (Balb.) DC. stands out as valuable perennial, native forage that grows in northwestern Argentina, Cordoba hills and San Luis Province. The objectives of this study were to establish the vegetative and reproductive structures in function of the strategies and survival tactics of *Cologania broussonetii*. The specimens were collected in the Pan de Azúcar loaf mountain, Córdoba, and in the experimental plots of the FCA, UNC, and were then deposited in the Herbarium ACOR and in the Seed Collection. Seedlings were obtained from germination assays. Cross section cuts were performed on the survival structures of adult plants, and on seedlings organs that were analyzed using stereoscopic and optical microscopy. The morphoanatomical studies on the survival structures showed the presence of a caulinar structure with an axillary bud complex by leaf (one axillary bud with two prophyllary buds) and adventitious roots; anatomical analyses revealed a contractil secondary shoot structure, that accumulates starch in the pith and cortex; these features agree with those found in lignotubers. Adventitious buds developed at the hypocotyl, which become in lignotubers during juvenile and adult plant states. These structures contribute to explain the perennial condition of the species and its adaptation to adverse environmental conditions. It is recognized the vegetative regeneration and the seed production as reproductive strategies, and the lignotubers as survival tactics of the study species.

Keywords: *Cologania broussonetii*; Lignotubers; Seedling; Hypocotyl; Persistence.

¹ Departamento Fundamentación Biológica, Botánica Morfológica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

² Departamento Fundamentación Biológica, Botánica Taxonómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Address Correspondence to: Patricia Perissé, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Av. Valparaíso S/N Ciudad Universitaria, C.C. 509, C.P. 5000, Córdoba, Argentina, e-mail: pperisse@agro.unc.edu.ar

Recibido / Received 2.IX.2013. Aceptado / Accepted 11.XI.2013.

INTRODUCCIÓN

El manejo inadecuado de las pasturas naturales por sobrepastoreo afecta la persistencia de las especies nativas (Ruiz et al., 2006; Vieyra et al., 2008). Aún más, otros factores abióticos, como las bajas temperaturas, la insuficiente disponibilidad de agua y la ocurrencia de incendios, frecuentes en las Sierras de Córdoba, agravan dicha problemática (Kopta y Colombati, 2005; Atala et al., 2009).

Por otro lado, es ampliamente reconocido que la forma de vida y el hábito de crecimiento de algunas especies puede conferir un grado de tolerancia a condiciones de estrés (Taiz y Zeiger, 2010), fundamentalmente determinado por la posición y actividad de los meristemas (Tourn et al., 1996, 1999; Tourn, 2004; Bell y Bryan, 2008). En especies sujetas a distintos tipos de estrés, se definen dos principales estrategias reproductivas: la reproducción sexual por semillas, y la regeneración vegetativa por rebrote (James, 1984). Por ejemplo, entre las leguminosas (además de la presencia de semillas duras) se presentan diversas adaptaciones (coronas, lignotubérculos, xilópodos) que favorecen la regeneración vegetativa o rebrote luego de situaciones estresantes; las mismas también contribuyen a ajustes en el ciclo de vida de la planta (Fahn y Cutler, 1992; Cirne y Scarano, 2001). Los lignotubérculos se caracterizan por ser “tallos subterráneos de almacenamiento de carbohidratos y agua, que tienen yemas durmientes y los nutrientes necesarios para el desarrollo del brote” (James, 1984; Fahn y Cutler, 1992). Al mismo tiempo, la distribución espacial de las diásporas (unidades de dispersión) es importante para mantener una población, y para que se establezcan nuevas poblaciones (Sitte et al., 2004).

Una de las leguminosas nativas apreciada como forrajera, que aporta valor proteico en los pastizales de cumbre y con buena producción de semillas para la resiembra natural es *Cologania broussonetii* (Balb.) DC. (sin: *Cologania ovalifolia* Kunth) (Correa et al., 2002; Vieyra et al., 2008). Esta hierba o subarbusto perenne, con tallos volubles, hojas trifolioladas, de flores violáceas vistosas (Burkart, 1952; Sérsic et al., 2006) crece en Argentina en las provincias de Catamarca, Córdoba, Jujuy, San Luis y Tucumán (Burkart, 1952; Zuloaga et al., 1999). El ciclo vegetativo comienza a principios de octubre, y la floración se produce desde comienzos de febrero a fines de marzo (Com. Pers. Vieyra 2006; Musicante y Galetto, 2008). El fruto es una legumbre lineal, comprimida, dehiscente con elasticidad, bivalva, negruzca e hirsuta (Burkart, 1952). Para el género, Kirkbride et al. (2003) indican que su longitud y ancho varían entre 2-6 x 0,3-0,6 cm, con dehiscencia por ambas suturas, activa con valvas retorcidas con entre 3 y 14 semillas por fruto. *Cologania broussonetii* puede presentar un porcentaje de semillas duras superior al 50%; la germinación es faneroepígea y la plántula presenta cotiledones oblongos fotosintetizantes, eófilos opuestos unifoliolados con estípulas, nomófilos alternos trifoliolados con estípulas; al mismo tiempo, se indicó que

el hipocótilo exhibe un conspicuo engrosamiento hacia la base (Lovey et al., 2010).

Sin embargo, aún cuando la especie está descripta como de ciclo perenne, no se explica cuáles son las estrategias y tácticas que determinan dicha característica.

Los objetivos del presente estudio fueron establecer las estructuras vegetativas y reproductivas en función de las estrategias y tácticas de supervivencia de *Cologania broussonetii* (Balb.) DC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de plantas adultas, frutos y semillas. Se recolectaron plantas adultas completas en estado vegetativo y reproductivo en una población de *C. broussonetii* en el camino al cerro Pan de Azúcar (31° 14' 15" S, 64° 20' 11" O), Provincia de Córdoba, y en las parcelas experimentales de la FCA, en la Ciudad Universitaria de la UNC, Argentina. Para la extracción de las plantas completas se realizaron excavaciones de aproximadamente 40-50 cm de profundidad. Los ejemplares fueron catalogados en la colección CS (Colección de Semillas) y depositados en el Herbario ACOR de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC) Córdoba, Argentina. Los frutos y las semillas se conservaron en bolsas de papel, a temperatura ambiente.

Análisis de las estructuras de supervivencia. Se realizaron análisis morfo-anatómicos de las estructuras vegetativas de supervivencia de la planta adulta, así como también de la plántula. Los estudios se llevaron a cabo con microscopio estereoscópico y con microscopio óptico, mediante el análisis de cortes en diferentes planos, coloreados con safranina-azul astral. Se efectuaron pruebas histoquímicas para la determinación de la presencia de sustancias de reserva (D'Ambrogio de Argüeso, 1986). Se midió la longitud (cm) de 100 frutos empleando un calibre, y se registró el número de semillas por fruto. Para la obtención de plántulas se sembraron semillas escarificadas mecánicamente sobre bandejas con papel de germinación embebido en agua destilada; se colocaron en cámaras de germinación a 20-30 °C con un periodo luz-oscuridad de 8-16 h, respectivamente, hasta la aparición de los primeros nomófilos. Para la descripción del patrón estructural se siguió la terminología de Perreta y Vegetti (2005). El ensayo se prolongó por un periodo de 60 días después de la siembra; se tomaron registros fotográficos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estructuras de supervivencia. Las plantas adultas extraídas de las excavaciones mostraron estructuras subterráneas engrosadas que tienen complejos de yemas y raíces adventicias con nódulos radicales; estas características se corresponden con la morfología de un sistema caulinar (Fig. 1A-B). Los estudios anatómicos revelaron una estructura secundaria de tallo; el sis-



Fig. 1. Morfología del lignotubérculo de *Cologania broussonetii*. (A) planta adulta completa; (B) detalle del lignotubérculo. N: nódulos; R: raíces adventicias; cabeza de flecha: tríada de yemas. Ejemplar CS 130ACOR.

Fig. 1. Morphology of the *Cologania broussonetii* lignotuber. (A) whole plant; (B) detail of the lignotuber. N: nodules; R: adventitious roots; arrow head: bud triad. Specimen CS 130ACOR.

tema vascular se caracterizó por presentar escasos miembros de vasos leñosos cortos y radios anchos; tanto en la corteza como en la médula se determinó la presencia de almidón como sustancia de reserva; los cortes longitudinales mostraron una estructura contráctil (Fig. 2). Estos atributos coinciden con las descripciones de los lignotubérculos realizadas por James (1984) y Fahn y Cutler (1992). De igual modo, el complejo axilar se corresponde con las tríadas (una yema axilar con los dos perfiles fértiles) indicadas por Tourn et al. (1996) y Tourn (2004) para distintas papilionoideas. Sin embargo, en esta especie todas las yemas que forman los complejos axilares originan ejes vegetativos (Fig. 3 A-D). Esto permite explicar cómo las yemas resguardadas de las temperaturas extremas, que eliminan la parte aérea ya sea por heladas y/o por incendio como así también de períodos de baja disponibilidad hídrica, rebrotan a expensas de las reservas cuando las condiciones adversas son superadas. Así, aseguran la regeneración vegetativa y consecuentemente, la persistencia *in situ* de la especie, tal como lo sugieren James (1984) para *Adenostoma*, *Ceanothus* y *Arctostaphylos*, y Cirne y Scarano (2001) para el caso de *Andira legalis*. Con la posterior transformación de los meristemas al estado reproductivo y con la formación de los frutos y las semillas se completa el ciclo de reproducción sexual. En relación a los frutos se determinó que el largo varía entre 2-5 cm y el número de semillas entre 3-14. Se pudieron establecer dos rangos de longitud: frutos cortos (2-3 cm) con hasta 7 semillas, y frutos largos (>3-5 cm) llevando 7 a 14 semillas, y la dehiscencia elástica que resultó en dos valvas retorcidas (Fig. 3E). La forma del fruto maduro y el número de semillas coincidió con la informada para el género por Kirkbride et al. (2003); las características generales del fruto y el tipo de dehiscencia concordaron con las señaladas para la especie por Burkart (1952). Ambas longitudes de frutos se encontraron en un mismo individuo, tal como lo informaron Musicante y Galetto (2008); no obstante, estos autores establecieron como frutos cortos los que llevaron hasta 6 semillas. La dehiscencia elástica permite explicar que tanto los frutos cortos como los largos aseguran una diseminación propinqua. Por otro lado, la presencia de semillas duras informadas por Lovey et al. (2010) explica la persistencia de éstas en el banco de semillas del suelo; luego, los procesos de escarificación bióticos o abióticos favorecen la germinación originando nuevos individuos independientes de la planta madre, el genet *sensu* Perreta y Vegetti (2005), que pueden conquistar otros sitios. Así, se enfatiza la relevancia de la dispersión en el establecimiento y mantenimiento de las poblaciones señalada por Sitte et al. (2004).

Origen del lignotubérculo. Las plántulas de aproximadamente 30 días desde el inicio de la germinación (*sensu stricto*), mostraron en el hipocótilo engrosado el desarrollo de una yema adventicia, que emergió originando un brote (Fig. 4A). En esta rama lateral se observó la presencia de dos perfiles, una hoja unifoliolada y los nomofilos trifoliolados con filotaxis espiralada (Fig. 4B). Simultáneamente, de un

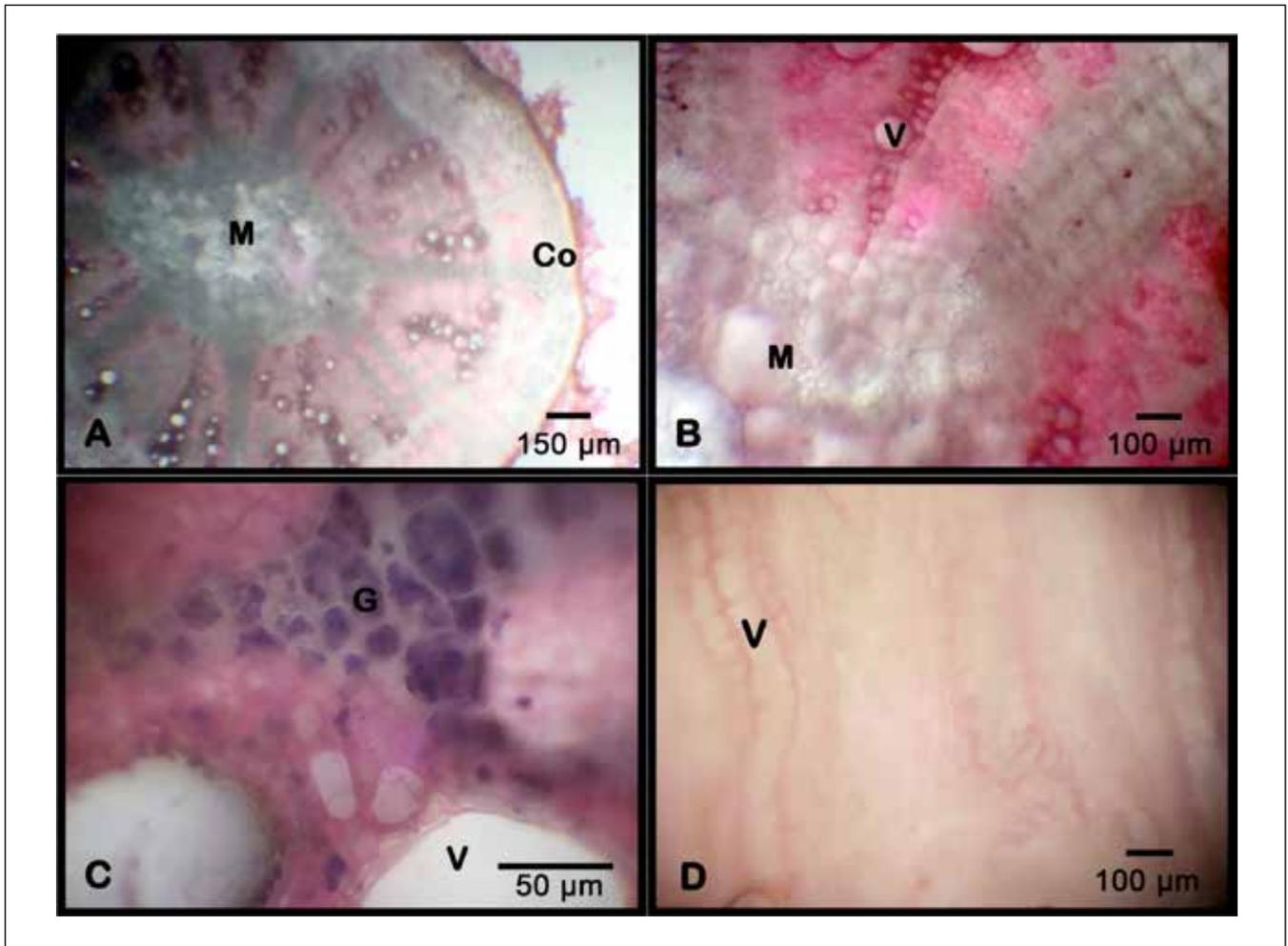


Fig. 2. Anatomía del lignotubérculo de *Cologania broussonetii*. (A) corte transversal; (B) detalle del xilema y médula; (C) reservas de almidón; (D) detalle de corte longitudinal. Co: corteza; G: granos de almidón; M: médula; V: vasos de xilema secundario.

Fig. 2. Anatomy of the *Cologania broussonetii* lignotuber. (A) cross section; (B) detail of the xylem and pith; (C) starch reserves; (D) longitudinal cut detail. Co: cortex; G: starch grains; M: pith; V: secondary xylem vessels.

engrosamiento próximo a la primera ramificación, se inició un segundo brote lateral. Los estudios anatómicos mostraron que dichas ramificaciones se originaron en la capa más interna de la corteza del hipocótilo; a partir de divisiones periclinales del parénquima interfascicular (Fig 4C) se organizaron las yemas adventicias y conjuntamente se produjo la ruptura del parénquima cortical del hipocótilo. La figura 4D muestra la diferenciación del meristema apical con 2 capas de túnica, (obsérvese los prominentes núcleos típicos de las células meristemáticas), el cuerpo y dos primordios foliares (correspondientes a los 2 perfiles) con los meristemas primarios derivados diferenciados (protodermis, meristema fundamental y procambium).

El desarrollo contráctil del hipocótilo mantiene estas ramificaciones y las que se forman progresivamente, bajo el

nivel del suelo. De este modo se puede explicar, cómo a partir del “genet”, el meristema apical caular (MAC) ubicado por sobre el nivel del suelo, origina y aumenta la superficie fotosintetizante durante la etapa vegetativa, aumentando la producción de biomasa y fotoasimilados. Estos últimos son distribuidos para mantener dicha superficie foliar y los lignotubérculos. De esta manera, la perennidad de la especie queda establecida por los lignotubérculos, que determinan una forma de vida geófito; ésta otorga un grado de tolerancia a condiciones estresantes (Taiz y Zeiger, 2010), fundamentalmente determinado por la posición y actividad de los meristemas (Tourn et al., 1996; Tourn 2004; Bell y Bryan, 2008). Aún más, permite explicar la persistencia de *C. broussonetii* a los incendios que se suceden en las Sierras de Córdoba, suministrando forraje alternativo.

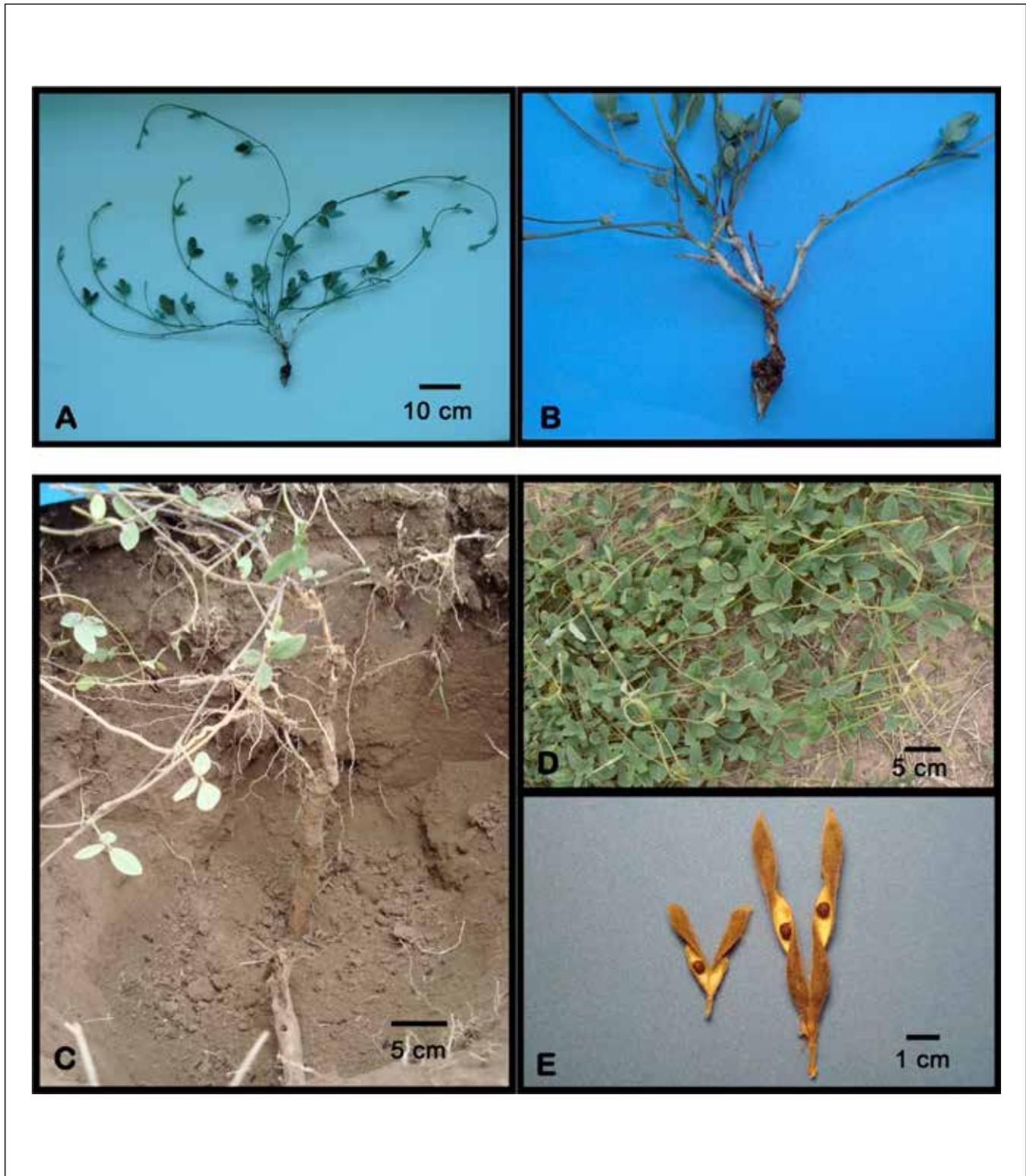


Fig. 3. Regeneración vegetativa y reproducción sexual por semillas de *Cologania broussonetii*. (A-D) rebrote a partir de las yemas y reservas de los lignotubérculos; (E) frutos largos y cortos.

Fig. 3. Vegetative regeneration and sexual reproduction by seeds of *Cologania broussonetii*. (A-D) regrowth from buds and reserves of lignotubers; (E) long and short fruits.

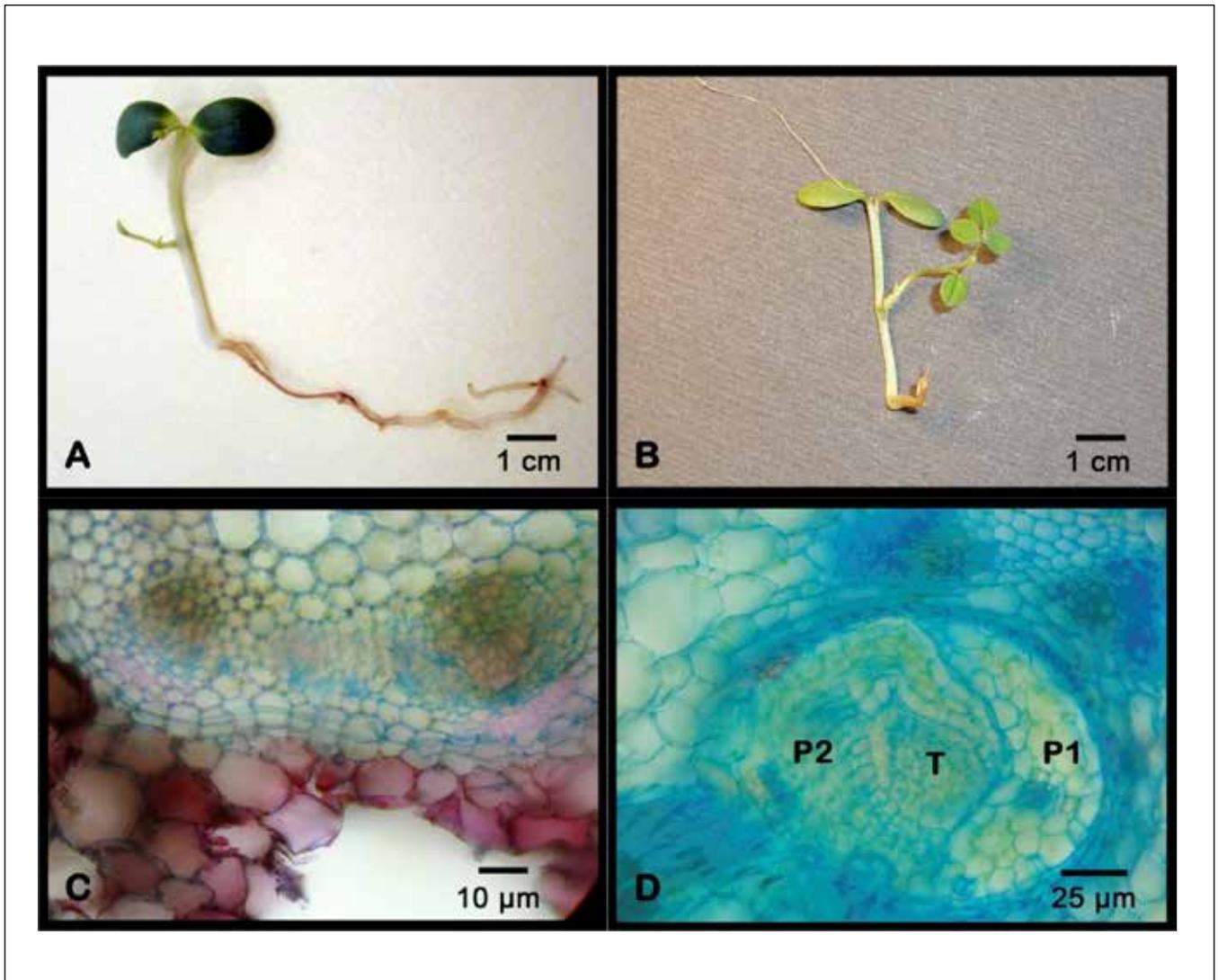


Fig. 4. Ontogénesis de los lignotubérculos de *Cologania broussonetii*. (A y B) plántula con desarrollo de yema adventicia; (C) origen de las yemas adventicias; (D) organización del MAC (meristema apical caulinar). C: cuerpo; P: primordio foliar, T: túnica.

Fig. 4. Lignotuber ontogenesis of *Cologania broussonetii*. (A and B) seedling with adventitious bud development; (C) origin of the adventitious buds; (D) SAM organization (Shoot apical meristem). C: corpus; P: leaf primordium; T: tunica.

CONCLUSIÓN

En este trabajo se pusieron por primera vez de manifiesto las dos estrategias reproductivas de supervivencia de *Cologania broussonetii*: (1) regeneración vegetativa (rebrote) y (2) por semillas. Al mismo tiempo, se reconocen como tácticas la presencia de los lignotubérculos con complejos axilares y sustancias de reserva para su rebrote. Además se da a conocer la ontogenia de los lignotubérculos de *C. broussonetii*. El conocimiento y entendimiento de estas estrategias y tácticas ayudarán a los productores a efectuar un mejor manejo de las forrajeras naturales, y el logro de sus metas de producción.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la lectura crítica realizada por la Dra. G. M. Tourn. El presente trabajo contó con la financiación de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

REFERENCIAS

Atala, D., S. Garré y G. Juárez (2009). Informe anual de Incendios Forestales. Provincia de Córdoba, año 2006. Gobierno de la Provincia de Córdoba, Secretaría de Ambiente 17 p.

- Bell, A.D. y A. Bryan (2008). Plant Form. An Illustrated guide to flowering plant morphology. New Edition. Ed. Timber Press, Portland- London. 431 p.
- Burkart, A. (1952). Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. Ed. Acme Agency, Buenos Aires, Argentina. 569 p.
- Cirne, P. y F.R. Scarano (2001). Resprouting and growth dynamics after fire of the clonal shrub *Andira legalis* (Leguminosae) in a sandy coastal plain in south-eastern Brazil. *Journal of Ecology* 89: 351-357.
- Correa, R.J., A. Quiroga y P.H. Watkins (2002). Valor Nutritivo Estimado de Especies Forrajeras Herbáceas del Pastizal Natural de la Subcuenca del Río Los Puestos, Ambato, Catamarca. Congreso Regional de Ciencia y Tecnología NOA2002. Secretaría de Ciencia y Tecnología UNCatamarca. Producciones Científicas Sección: Ciencia de la Ingeniería, Agronomía y Tecnología. pp. 1-10. Secretaría de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional de Catamarca.
- D'Ambrogio de Argüeso, A. (1986). Manual de Técnicas en Histología Vegetal. Ed. Hemisferio Sur, Bs. As. Argentina 84 p.
- Fahn, A. y D. Cutler (1992). Xerophytes. Ed. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Germany, 174 p.
- James, J. (1984). Lignotubers and burls- their structure, function and ecological significance in Mediterranean ecosystems. *The Botanical Review* 50: 225-266.
- Kirkbride, J.H. Jr., C.R. Gunn y A.L. Weitzman (2003). Fruits and seeds of genera in the subfamily Faboideae (Fabaceae). Technical Bulletin n°1890. 1.212 pp. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Washington DC.
- Kopta, F. y M. Colombati (2005). Manejo rural sin fuego, guía para productores de la provincia de Córdoba. Agencia Córdoba Ambiente. Gobierno de Córdoba 47 p.
- Lovey, R.J., P. Perissé, C. Vieyra y J.C. Coraglio (2010). Caracterización de semilla, germinación y plántula de *Cologania broussonetii* (Balb.) DC. *Phyton, International Journal of Experimental Botany* 79: 5-10.
- Musicante, M.L. y L. Galetto (2008). Biología reproductiva de *Cologania broussonetii* (Fabaceae, Faboideae). *Darwiniana* 46: 7-16.
- Perreta, M.G. y A.C. Vegetti (2005). Patrones estructurales en las plantas vasculares una revisión. *Gayana Botanica* 62: 9-19.
- Ruiz, T.E., E. Castillo, J. Alonso y G. Febles (2006). Factores del manejo para estabilizar la producción de biomasa con leguminosas en el trópico. Avances en Investigación Agropecuaria. Rev. AIA 10: 3-20.
- Sérsic, A., A. Cocucci, S. Benítez-Vieyra, A. Cosacov, L. Díaz, E. Glinos, N. Grosso, C. Lazarte, M. Medina, M. Moré, M. Moyano, J. Nattero, V. Paiaro, C. Trujillo y P. Wiemer (2006). Flores del Centro de Argentina. Una guía ilustrada para conocer 141 especies típicas. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina. pp. 202-203.
- Sitte, P., E.W. Weiler, J.W. Kadereit, A. Bresinsky y C. Körner (2004). Strasburger Tratado de Botánica 35ª Edición. Ediciones Omega. Barcelona, España. pp. 781-882.
- Taiz, L. y E. Zeiger (2010). Plant physiology. 5th Edition. Sinauer Associates Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts U.S.A. 782 p.
- Tourn, G.M., D. Barthélémy y J. Grosfeld (1999). Una aproximación a la arquitectura vegetal: conceptos, objetivos y metodología. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 34: 85-99.
- Tourn, G.M. (2004). Formas de crecimiento en especies argentinas del Género Galactia, Sección Odonia (Fabaceae), provenientes de áreas ecológicas diferentes. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UNC. Argentina.
- Tourn, G.M., G. Roitman, R. Fortunato y G. Zarlavsky (1996). El complejo axilar en leguminosas argentinas: ¿un carácter de importancia filogenética? Libro de Resúmenes de las XXV Jornadas Argentinas de Botánica. 18-22 de noviembre. Mendoza. p. 36.
- Vieyra, C., J.C. Coraglio, M. Steinberg, R. Lovey y P. Perissé (2008). Calidad forrajera, poder germinativo y rendimiento de semillas de *Cologania broussonetii* (Balb.) DC. 31 Congreso Argentino de Producción Animal. Potrero de los Funes, San Luis. Vol. 28, pp. 452-453.
- Zuloaga, F.O. y O. Morrone (1999). Catálogo de las plantas vasculares de la República Argentina II. Fabaceae-Zygophyllaceae (Dicotyledoneae). Eds. F.O. Zuloaga y O. Morrone. 623-1269 pp. Monographs in Systematic Botany from The Missouri Botanical Garden Press, USA.