



FORMA DE CRECIMIENTO Y ANATOMÍA DE LA RAÍZ DE *STYLOSANTHES HIPPOCAMPOIDES* Y *S. MONTEVIDENSIS* VAR. *MONTEVIDENSIS*

GROWTH FORM AND ROOT ANATOMY OF *STYLOSANTHES HIPPOCAMPOIDES*
AND *S. MONTEVIDENSIS* VAR. *MONTEVIDENSIS*

MIRTA GRACIELA MOLINA¹, T. A. KRAUS² Y C. A. BIANCO²

¹Universidad Nacional de San Luis. Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia

²Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es estudiar las formas de crecimiento y anatomía de la raíz de *Stylosanthes hippocampoides* y *S. montevidensis* var. *montevidensis* e inferir sus caracteres adaptativos. Se realizaron observaciones durante tres años consecutivos en el área serrana del sur de la provincia de Córdoba. Se sembraron semillas en recipientes con caras de vidrio para estudiar la secuencia espacial y temporal de la parte aérea y subterránea, de cada especie durante el primer año de vida. Se realizaron cortes transversales seriados de raíces. Tanto *S. hippocampoides* como *S. montevidensis* var. *montevidensis*, presentan una plántula faneroepígea. La ontogenia de las raíces muestra que se especializan para acumular sustancias de reservas en una etapa muy temprana del desarrollo, aumentando el área parenquimática de los tejidos vasculares, los radios aumentan considerablemente su tamaño (*S. montevidensis* var. *montevidensis*) o su cantidad (*S. hippocampoides*). Existe una relación en-

tre la cantidad de sustancias acumuladas y el número de brotes de innovación. Del análisis de los resultados, se desprende que los caracteres más importantes que definen la forma de crecimiento de estas especies son la dirección de crecimiento y grado de ramificación de los ejes, la característica de la zona de innovación y la estructura del sistema radical.

Palabras clave: forma de crecimiento, ontogenia, raíz

SUMMARY

The objectives of this work are to study growth form and root anatomy of Stylosanthes hippocampoides and S. montevidensis var. montevidensis, and to infer their adaptive characters. Both species were observed during three consecutive years in the hilly area of southern Córdoba. Seeds were placed in glass recipients to study the spatial and temporal

sequence of the aerial and subterranean part during their first year of life. Serial transversal cuts of roots were made. Both species show phaneroepigeal seedlings. Root ontogeny shows that roots specialize to accumulate reserves during an early developmental stage, increasing the parenchymatous area of vascular tissues and the ray size in the case of S. montevidensis var. montevidensis, or the ray quantity in S. hippocampoides. There is a relationship between the amount of accumulated substances and the number of innovation sprouts. According to the result analysis, the most important characters that define the growth form of these species are growth direction and branching degree of axes, characteristics of the innovation zone, and structure of the root system.

Key words: growth form, ontogeny, roots

INTRODUCCIÓN

El estudio de las formas de crecimiento comprende según Meusel (1970), un complejo de aquellas características morfológicas que determinan el hábito de una planta, lo que implica una integración espacial y temporal en su ambiente natural. Evidentemente que hay un complejo de caracteres vegetativos genéticamente constantes, que varían dentro de la plasticidad fenotípica de la especie en particular, reflejando la adaptación a los factores abióticos (Krumbiegel, 1998). Este tipo de estudio dinámico e integrado de la planta en su hábitat ha adquirido mucha importancia en estos últimos años. Kästner y Karrer (1995), presentan los tipos de formas de crecimiento de la Flora de

Austria con esquemas integrados de la parte aérea y subterránea, y proponen incluir en las Floras las formas de crecimiento de cada especie, en vías a una biosistemática que no proporcione sólo caracteres morfológicos sino ecológicos y biogeográficos. Este tipo de análisis comprende también características de estructuras vegetativas que permiten la sobrevivencia de las especies, con las cuales se pueden elaborar bancos de datos, según lo sugerido por Jäger (2000), para colaborar con la conservación de las especies. Además, los modelos de las formas de crecimiento (Rua y Gróttola, 1997), proporcionan datos para un buen uso y manejo de las especies nativas; que en algunos casos permite predecir el comportamiento de rebrotes ante impactos como el fuego y pastoreo (Pate, 1993; Muir y Pitman, 1991).

En función de la importancia de este tipo de estudio, según lo enunciado anteriormente, se están analizando las formas de crecimiento de Fabáceas en el sur de la provincia de Córdoba (*Senna*, Kraus *et al.*, 1995; *Arachis*, Kraus *et al.*, 1996; *Galactia*, Basconsuelo *et al.*, 1997, Basconsuelo, 2001; *Rynchosia*, Bianco *et al.*, 1998 y *Adesmia*, Bianco 2002, Weberling *et al.*, 2002). El objetivo del presente trabajo es presentar las formas de crecimiento y anatomía de la raíz en *Stylosanthes hippocampoides* y *S. montevidensis* var. *montevidensis* e inferir sus caracteres adaptativos.

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizaron observaciones en *Stylosanthes hippocampoides* Mohlenbr. y *Stylosanthes montevidensis* Vogel var.

montevidensis, durante tres años consecutivos en el área serrana del sur de la provincia de Córdoba. Para el estudio de las formas de crecimiento se siguió el criterio de Meusel (1970), Kästner y Karrer (1995) y Weberling y Troll (1998). Para la interpretación de los sistemas radicales a Kutschera y Lichtenegger (1992). Se sembraron semillas en recipientes con caras de vidrio para estudiar la secuencia espacial y temporal de la parte aérea y subterránea de cada especie durante el primer año de vida. Para los estudios histológicos se siguió el criterio de D'Ambrogio de Argüeso (1986).

RESULTADOS

El estudio de la plántula es fundamental porque es el punto de partida de las formas de crecimiento, y de su estructura depende el establecimiento, la sobrevivencia y la colonización de nuevas áreas. Tanto *S. hippocampoides* como *S. montevidensis* var. *montevidensis*, presentan una plántula faneroépigea, con dos cotiledones foliares, que fotosintetizan y permanecen en la planta aproximadamente un mes, en los próximos nudos se insertan metafilos, estando ausente los eofilos frecuentes en esta familia (Fig. 1D). En las tablas 1 y 2 se detallan las características de la parte aérea y subterránea del primer mes. En *S. montevidensis* var. *montevidensis* a los 25 días se observan los cotiledones, tres hojas trifolioladas y una raíz principal de 12,4 cm con un segundo orden de ramificación lateral, en *S. hippocampoides* la parte aérea es similar pero la raíz alcanza menor profundidad (7,15cm) y un menor grado de ramificación. El eje primario de *S.*

montevidensis var. *montevidensis* crece en dirección ortótropa, como así también sus ramificaciones, en cambio en *S. hippocampoides*, el crecimiento es plagiótropo (Fig 1 A-D). En el segundo mes se desarrollan ramas cotiledonares, en ambas especies, alcanzando más desarrollo en *S. hippocampoides* (Figura 1 A). Al finalizar el primer año de vida la parte aérea muere, quedando una zona de innovación a ras del suelo. En los años sucesivos se desarrollan los brotes de innovación, cuya longitud es similar en las dos especies (30-40 cm) pero difieren en la cantidad y el tipo de ramificación. En *S. montevidensis* var. *montevidensis* (Figura 1E), se desarrollan 3 o 4 vástagos los cuales presentan una clara acrotonía, desarrollando cada uno de ellos una sinflorescencia politélica en primavera-verano. Los 4 o 5 primeros nudos no ramifican y se constituyen en la zona de innovación del próximo año. En *S. hippocampoides* se producen alrededor 22 brotes o más, en cada uno de los cuales a excepción de los 2 primeros nudos, los demás ramifican (Figura 1C), formando una mata de forma radial (Figura 1B).

Sistema radical

A. MORFOLOGÍA EXTERNA

En los estudios de secuencia espacial y temporal de los sistemas radicales se observa que en *S. hippocampoides* alcanza escasa profundidad durante el primer año, porque tanto la raíz principal, como las de primer orden aumentan fundamentalmente su diámetro, cumpliendo luego según lo observado en los cortes histológicos un rol fundamental en la acumulación de

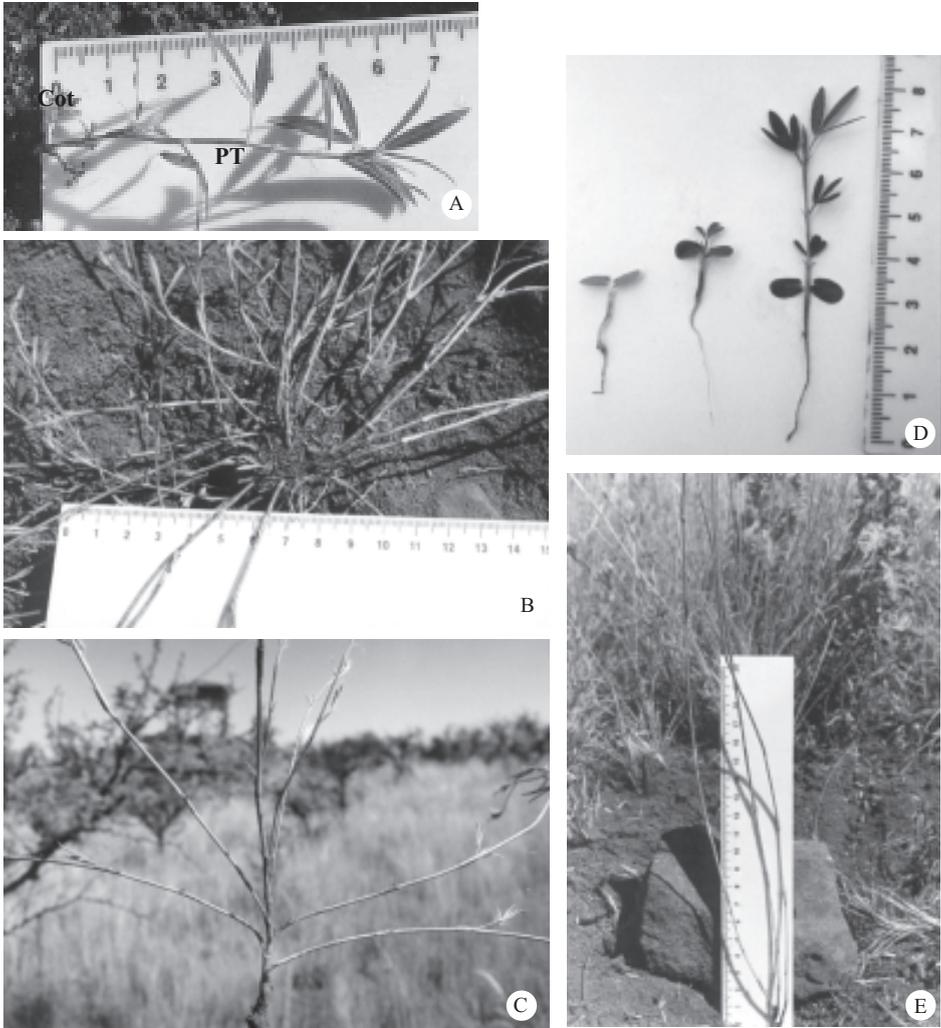


Figura 1. *Stylosanthes hippocampoides*. A: Parte aérea en sus primeros estadios, B: detalle de la parte basal de una planta adulta, C: detalle de un brote de innovación
Stylosanthes montevidensis var. *montevidensis*. D: plántulas en distintos estadios, E: detalle de la parte basal de una planta adulta. Cot: rama cotiledonar, PT: eje primario

Figure 1. *Stylosanthes hippocampoides*. A: Aerial part during the first developmental stages, B: basal part of an adult plant, C: innovation sprout.
Stylosanthes montevidensis var. *montevidensis*. D: seedlings in different developmental stages, E: basal part of an adult plant. Cot: cotyledonary branch, PT: primary axis

reservas, por lo tanto la absorción es realizada fundamentalmente por el segundo y tercer grado de ramificación. Estos caracteres se observan claramente en la Fig 2 A correspondiente a un ejemplar adulto. Gran parte del recorrido de las raíces es

plagiótropo, lo cual está relacionado con las características del suelo donde crecen. *S. montevidensis* var. *montevidensis* tiene un típico sistema alorrizo donde se destaca la raíz principal que alcanza un diámetro de 1cm. Las laterales son escasas.

Tabla 1. Desarrollo de las plántulas de *S. hippocampoides* desde la germinación hasta estado de tercera hoja trifoliolada

Table 1. Seedling development of *S. hippocampoides* from germination to third trifoliated leaf stage.

Parte aérea	Altura de la planta en cm	Raíz principal Rango de longitud en cm	Raíz de 1° orden Rango de longitud en cm	Raíz de 2° orden Rango de longitud en cm	Días aproximados desde germinación
Sin parte aérea	Ausente	0,92 (0,8-1)	Ausente	Ausente	3
Un par de cotiledones	1,15 (1-1,3)	3,02 (2-3,4)	Ausente	Ausente	8
Un par de cotiledones Una hoja trifoliolada	1,41 (1,2-1,5)	5,68 (5,5-6,4)	0,11	Ausente	16
Un par de cotiledones Tres hojas trifolioladas	2,58 (1,6-3)	7,15 (7-8,5)	0,14	Ausente	25

Tabla 2. Desarrollo de las plántulas de *S. montevidensis* desde la germinación hasta estado de tercera hoja trifoliolada

Table 2. Seedling development of *S. montevidensis* from germination to third trifoliated leaf stage

Parte aérea	Altura de la planta en cm	Raíz principal Rango de longitud en cm	Raíz de 1° orden Rango de longitud en cm	Raíz de 2° orden Rango de longitud en cm	Días aproximados de germinación
Sin parte aérea	Ausente	1,4 (0,5-2)	Ausente	Ausente	3
Un par de cotiledones	1,1 (0,5-1,5)	2,75 (2,5-3)	Ausente	Ausente	8
Un par de cotiledones Una hoja trifoliolada	1,65 (1,5-2)	8,60 (8-11)	0,12	Ausente	16
Un par de cotiledones Tres hojas trifolioladas	3,0 (3-5)	12,4 (12-14)	0,31	0,15	25

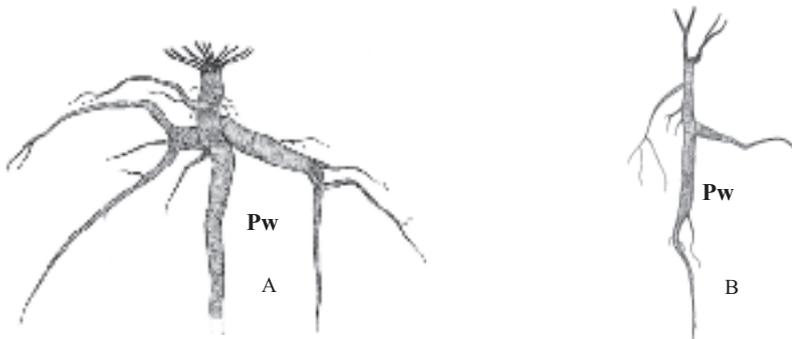


Figura 2. Sistemas radicales. A, *S. hippocampoides*; B, *S. montevidensis* var. *montevidensis*. Pw: raíz principal

Figure 2. Root systems. A, *S. hippocampoides*; B, *S. montevidensis* var. *montevidensis*. Pw: main root

B. Anatomía

Para poder interpretar los caracteres adaptativos de estas especies se presenta a continuación la ontogenia de la raíz, debido a que ésta juega un rol esencial en la supervivencia de ambas especies.

En un corte transversal de una raíz principal de *S. hippocampoides* a 1 cm del ápice aproximadamente, se observa una estructura primaria. La corteza presenta varias capas de células parenquimáticas grandes e isodiamétricas, la capa más interna, la endodermis, limita con el periciclo, en general se observa una estructura triarca, si bien en algunas raíces se puede detectar un polo más (Fig. 3A, B). El cámbium se diferencia rápidamente, observándose elementos xilemáticos de origen secundario a poca distancia del ápice. En las zonas correspondientes al protoxilema se desarrollan anchos radios primarios (Fig. 3A, D).

El periciclo se divide periclinalmente en 3 o 4 capas de células (Fig. 3A, D), para dar origen a parte del cámbium frente a los polos del protoxilema y al felógeno a

partir de su capa más externa. El cámbium originado del procámbium (Fig. 3B), va adquiriendo un contorno circular (Fig. 3C). El cilindro central aumenta gradualmente su diámetro debido al agregado de elementos secundarios, y paralelamente las células de la corteza se van obliterando (Fig. 3D, F). A un nivel superior las células parenquimáticas de los tejidos vasculares, comienzan la acumulación de almidón (Fig. 3D, E) mientras la corteza se va desprendiendo. El cámbium origina hacia el centro de la raíz elementos secundarios de conducción xilemáticos y grupos de fibras. Hacia fuera se diferencian miembros de tubo cribosos y abundante parénquima. Los elementos floemáticos primarios se transforman gradualmente en fibras. En la zona floemática se observan fibras correspondientes a floema primario y secundario.

La ontogenia de la raíz muestra como la acumulación de reservas se origina ya en una etapa muy temprana del desarrollo (primer mes), y juega un rol ecológico muy importante durante toda la vida de la planta.

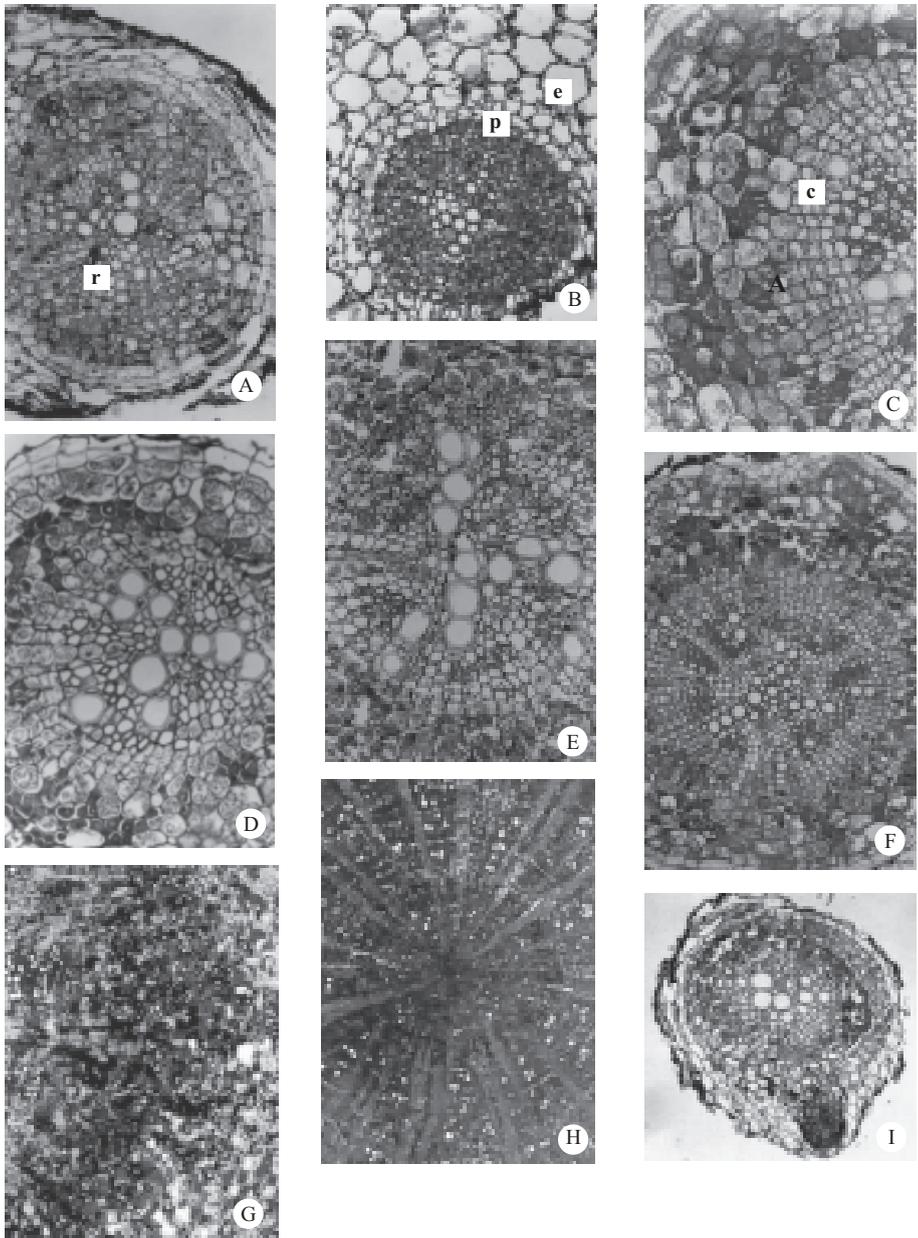


Figura 3. *Stylosanthes hippocampoides*. Cortes transversales secuenciales de la estructura de la raíz c: cámbium, e: endodermis, p: periciclo, r: radio

Figure 3. *Stylosanthes hippocampoides*. Sequential transversal cuts of root structure. c: cambium, e: endodermis, p: pericycle, r: ray

En los cortes de raíces de ejemplares coleccionados en su hábitat, se observa una gran acumulación de almidón tanto en el parénquima de los radios (Figura 3H), los cuales son muy numerosos, como en el parénquima floemático y proveniente del periciclo (Figura 3G)). La gran acumulación de sustancias de reservas asegura un buen rebrote de la especie. La cantidad de radios secundarios aumenta progresivamente con la edad de la raíz. Las raíces de primer orden se originan a los 15 días (Tabla 1) a partir de la proliferación del periciclo (Figura 3I)

En *S. montevidensis* var. *montevidensis*, la ontogenia de la raíz es similar, la estructura primaria es triarca, hasta que se diferencia el primer nomofilo (Figura 4 A, B).

En los ejemplares coleccionados en el campo se observa una estructura adaptada para la acumulación de agua y almidón. Se desarrollan tres radios primarios de notables dimensiones que aumenta considerablemente el área parenquimática de la raíz (Fig 4C). Se observa una gran acumulación de almidón en radios y parénquima xilemático y floemático, que corresponde a las zonas oscuras tratadas con lugol (Fig. 4D, E)

Al comparar ambas especies se observa que la histología de la raíz está en relación con el número de brotes de innovación.

DISCUSIÓN

Del análisis de los resultados, se desprende que los caracteres más importantes que definen la forma de crecimiento de estas especies son: la dirección de crecimiento y grado de ramificación de los ejes, la

característica de la zona de innovación y la estructura del sistema radical. El típico pleicormo observado en *S. hippocampoides* y *S. montevidensis* var. *montevidensis*, es semejante al citado en especies de *Galactia* (Basconsuelo *et al.*, 1977), *Rhynchosia* (Bianco *et al.*, 1998) y *Adesmia* (Bianco, 2002), especies que crecen en ambientes semejantes, áreas serranas con suelos poco desarrollados e inviernos muy fríos, de tal manera que la parte aérea muere y las yemas de los entrenudos basales (zona de innovación), al estar ubicadas a ras del suelo, sobreviven, y brotan en la próxima estación. En ese rebrote juegan un rol importante las sustancias de reserva (Pate, 1993). Basconsuelo (2001), cita estructuras inusuales de raíces dentro de la tribu Fasóleas, que aumentan el área parenquimática permitiendo mayor acumulación de sustancias de reserva. En ambas especies estudiadas la estructura de la raíz es normal, pero la estrategia es aumentar el área parenquimática, con radios de gran tamaño, como en *S. montevidensis* var. *montevidensis*, o la cantidad de radios y el diámetro de la raíz (tanto principal como de primer orden), como en *S. hippocampoides*. La mayor acumulación de reservas de la última especie mencionada, está en relación a la cantidad de brotes de innovación. La reserva de agua en las raíces es fundamental, porque estas especies crecen en suelos con un perfil poco desarrollado y pendientes pronunciadas, lo cual dificulta la absorción. Por lo tanto las características que permiten la sobrevivencia son fundamentalmente, la zona de innovación y la estructura de la raíz.

La presencia de ramas cotiledonares en estas especies, es uno de los caracteres

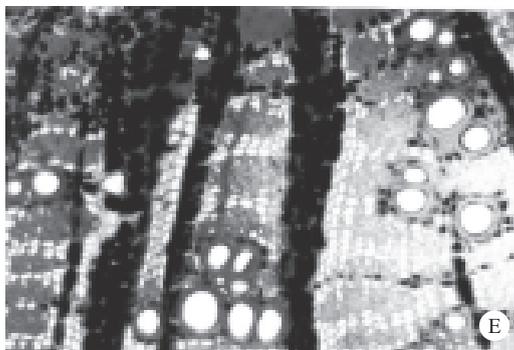
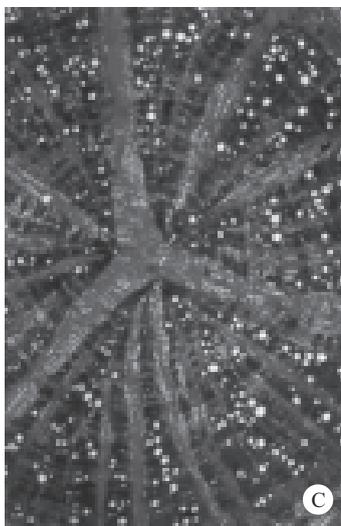
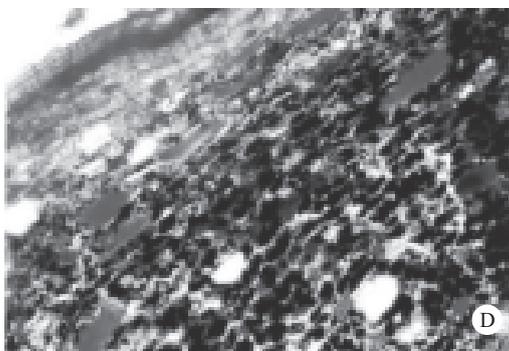
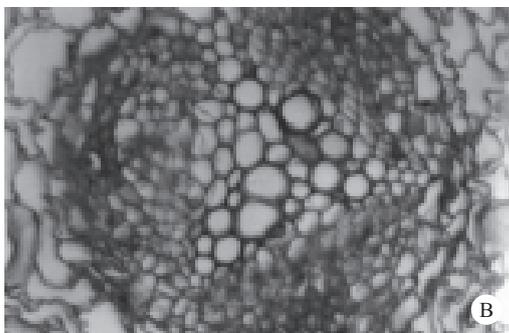
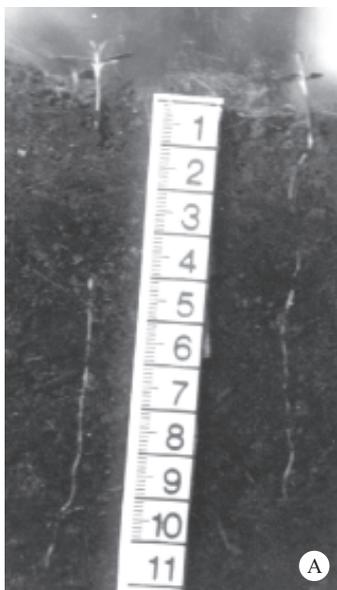


Figura 4. *Stylosanthes montevidensis*. A: Raíz de una plántula; B, C, D, E: Cortes transversales de la estructura de la raíz

Figure 4. *Stylosanthes montevidensis*. A: Seedling root; B, C, D, E: Transversal cuts of root structure

que influyen en la arquitectura de la planta (Weberling y Troll, 1998), y en algunos casos como el de *Arachis hypogaea* (Kraus *et al.*, 1996) tienen la mayor producción de frutos. Debido a la presencia de estas ramas la ramificación comienza con una típica basitonía durante el primer año, teniendo luego los brotes de innovación un comportamiento distinto.

La combinación de los caracteres estudiados en estas especies, permite definir tipos de forma de crecimiento, que proporcionan además de datos morfológicos, caracteres adaptativos que sirven como base para un posterior uso y manejo. Weberling *et al.* (2002) en base a tipología de formas crecimiento en Fabáceas, mencionan especies del género *Adesmia* como fijadoras de médanos y como forrajeras.

BIBLIOGRAFÍA

- BASCONSUELO, S.; R. MALPASSI, T. KRAUS, C. BIANCO & F. WEBERLING, 1997. Growth forms of species of *Galactia* genus (Leguminosae) in southern Córdoba Province. Argentina. Beitr. Biol. Pflanzen 70: 1-13.
- BASCONSUELO, S., 2001. Morfología de sistemas radicales en Phaseoleae (Leguminosae) en el área serrana del suroeste de la provincia de Córdoba. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto. 91p.
- BIANCO, C., M. GROSSO, T. KRAUS & F. WEBERLING, 1998. Growth forms in species of *Rhynchosia* genus (Leguminosae) in Southern Córdoba Province, Argentina. Beitr. Biol. Pflanzen 71: 1-12.
- BIANCO, C. A., 2002. Growth forms, taxonomy, distribution, and uses of the *Adesmia* species (Leguminosae) in Central Argentina. J. Cramer Verlag. 157 p.
- D'AMBROGIO DE ARGÜESO, A., 1986. Manual de técnicas en histología vegetal. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- JÄGER, E. J., 2000. A database on biological traits of the German flora - state of the art und need of investigation of the vegetative structures. Z. Ökologie u. Naturschutz 9: 53-59.
- KÄSTNER, A. & G. KARRER, 1995. Übersicht der Wuchsformtypen als Grundlage für deren Erfassung in der «Flora von Österreich». Fl. Austr. Novit. 3: 1-51.
- KRAUS, T., M. GROSSO, C. BIANCO & F. WEBERLING, 1995. Wuchsformen von Arten der *Senna*-Gattung (Leguminosae-Caesalpinoideae) aus dem Süden der Provinz Córdoba, Argentinien. Beitr. Biol. Pflanzen 69: 441-458.
- KRAUS, T. A., M. A. GROSSO, S. BASCONSUELO & C. A. BIANCO, 1996. Wuchsformen bei *Arachis hypogaea* L. Flora 191: 221-229.
- KRUMBIEGEL, A. 1998. Growth forms of annual vascular plants in central Europe. Nord. J. Bot. 18 (5): 563-573.
- KUTSCHERA, L. & E. LICHTENEGGER, 1992. Wurzelatlas, mitteleuropäischer Grünlandpflanzen 2 (1). Gustav Fischer Verlag. 851p.
- MEUSEL, H., 1970. Wuchsformenreihen mediterran - mitteleuropäischer Angiospermen -Taxa. Feddes Repertorium 81 (1-5): 41-59.
- MUIR, J. P. & W. D. PITMAN, 1991. Grazing Tolerance of Warm-Season Legumes in Peninsular Florida. Agrn. J. 83 297-302.

- PATE, J. S., 1993. Structural and functional responses to fire and nutrient stress: case studies from the sandplains of South-West Australia. In L. FOWDEN; T. MANSFIELD and J. STODDART (Ed.) chapter 10: 189-205.
- RUA, G. H. & M. C. GRÓTTOLA. 1997. Growth form models within the genus *Paspalum* L. (Poaceae, Paniceae). *Flora* 192: 65-80.
- WEBERLING, F. & W. TROLL, 1998. Die infloreszenzen. Gustav Fischer Verlag. 483 p
- WEBERLING, F., T. A. KRAUS, C. A. BIANCO y R. MALPASSI, 2002. Variación y estrategias adaptativas de los sistemas de ramificación de Fabáceas herbáceas. *Feddes Repertorium* 113 (5-6): 342-353.

Recibido: 08/2002

Aceptado: 10/2002

