

## Estudio del xilema en raíces de *Arachis hypogaea* subsp. *hypogaea* var *hypogaea* cv. Florman INTA (*leguminosae*) en suelos con horizontes densificados.

Xilem study in roots of *Arachis hypogaea* subsp. *hypogaea* var *hypogaea* cv. Florman INTA (*leguminosae*) in soils with densified horizons

Recibido: 21/12/99 Aceptado: 16/9/00

Kraus, T., E. Hampp, S. Basconsuelo, M. Grosso, R. Malpassi y C. Bianco<sup>1</sup>.

### Resumen

El objetivo de este trabajo es estudiar las características del xilema de las raíces de *Arachis hypogaea* L. en suelos con horizontes densificados y distinta condición hídrica. Este trabajo se llevó a cabo en dos parcelas de la región subhúmeda seca del Dpto. Río Cuarto, con suelos Haplustoles típicos. Las raíces de ambas parcelas no presentan diferencias significativas en el área total transversal y área xilemática, sin embargo, cuando la humedad media del suelo es mayor y la resistencia mecánica menor, se observa mayor diámetro, espesor de pared y frecuencia de elementos conductores xilemáticos. En la otra parcela se observa que las raíces presentan un área xilemática similar pero menores valores en las características mencionadas de los miembros de vaso, por lo tanto, debe necesariamente presentar mayor proporción de tejido parenquimático. Este aporte demuestra como pequeños cambios en el contenido hídrico del suelo afectan la estructura del xilema.

**Palabras claves:** *Arachis*, raíz, xilema, anatomía, horizontes densificados.

### Summary

The objective of this work is to study xylem characteristics of roots of *Arachis hypogaea* L. subsp. *hypogaea* var. *hypogaea* cv. "Florman INTA" in a typical Haplustoll soil with densified horizons and different hydric condition. This study was carried out in two plots located in the subhumid dry region of Río Cuarto Department. Plot 1 shows higher mean humidity and lower mechanical impedance. Under these conditions, the diameter, wall thickness and frequency of vessel members are larger. Even though plants from both plots show similar total root and xilematic areas, roots from Plot 2 show lower values in vessel member characteristics. Therefore, they must have a higher proportion of parenchymatic tissue. This study demonstrates how small changes in soil water content affect xylem structure.

**Key words:** *Arachis*, roots, xylem, anatomy, compacted horizons.

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Río Cuarto. RA-5800 Río Cuarto, Córdoba, Argentina.  
Subsidiado por CONICOR y SECYT UNRC.

## Introducción

Los suelos del sur de la Provincia de Córdoba se encuentran bajo cultivo hace aproximadamente 70 años, con una presión de uso que se fue incrementando en la últimas décadas. Están formados sobre un material loésico de textura predominantemente franco-arenosa muy fina que manifiesta una tendencia a la formación de "pisos de arado". Estos horizontes antrópicos están caracterizados por un endurecimiento paulatino, debido a un cambio en la estructura y un aumento de la microporosidad a expensas de los mesoporos y macroporos (Kraus *et al.*, 1996b; Bonadeo, 1997).

Los pisos de arado constituyen un impedimento mecánico para la exploración radical. Bennie (1991) describió efectos de la elevada resistencia mecánica del suelo en el sistema radical de diferentes especies. February *et al.* (1995) demostraron que existen diferentes vías de adaptación del tejido xilemático en relación a situaciones de estrés hídrico. Kraus *et al.* (1996a) observaron que las alteraciones del sistema radical en relación a distintos sistemas de labranzas inciden en la parte aérea de la planta (Kraus *et al.*, 1996b).

El objetivo de este trabajo es estudiar las características del xilema en raíces de *Arachis hypogaea* L. subsp. *hypogaea* var. *hypogaea* cv. "Florman INTA" en suelos con horizontes densificados y distinta condición hídrica.

## Materiales y Métodos

Se seleccionaron dos parcelas en la región subhúmeda seca del Departamento Río Cuarto. Una está situada a 63° 54' O y 32° 51' S, mientras que la otra se ubica a los 64° 04' O y 32° 47' S. Las dimensiones de cada parcela son 20 x 40 m. El suelo es Haplustol típico. Las características morfológicas del perfil fueron descriptas de acuerdo a Etchevehere (1976) y Soil Survey Staff (1992). A intervalos regulares de 15 días desde la implantación del cultivo (22/11/95) hasta la cosecha (5/4/96), se registraron conjuntamente los cuatro valores de resistencia mecánica del suelo con un penetrómetro computarizado y cuatro de contenido de humedad volumétrica con sonda TDR (los lugares fueron elegidos al azar).

Se recolectaron 10 individuos al azar por parcela y por fecha de muestreo para realizar los estudios anatómicos. Se fijó el material en FAA y se procesó según Johansen (1940). Se realizaron cortes transversales sobre la raíz principal a 5 cm del cuello de cada una de las plantas recolectadas. En estas muestras se observaron: área transversal total de raíz (incluye epidermis, corteza y cilindro central), área xilemática (área total del tejido xilemático) y número de miembros de vasos de diferentes rangos de diámetro. La observación de los cortes histológicos se realizó con un microscopio óptico Zeiss. Se utilizó una tableta digitalizadora para la medición de las áreas total y xilemática, mientras que se usó un ocular con escala y uno con

cuadrícula (unidad de muestreo) para determinar el número de miembros de vaso. Paralelamente, se obtuvo material por debajo de la zona de los cortes histológicos para macerar según la técnica de Boodle (D'Ambrogio, 1986). En los macerados se registraron longitud y espesor de la pared de los miembros de vasos.

El diseño del experimento fue completamente al azar. Se utilizó la prueba de t-student para detectar diferencias entre las variables medidas en raíces provenientes de ambas parcelas (Steel y Torrie, 1988).

## Resultados

La Parcela 1 presenta una secuencia de horizontes  $Ap_1$ ,  $Ap_2$ ,  $Ad$ ,  $Bw_1$ ,  $Bw_2$ ,  $BC$ ,  $C$  y  $Ck$ , y textura franco-arenosa, mientras que en la Parcela 2, la secuencia de horizontes es  $Ap$ ,  $Ad$ ,  $Bwd$ ,  $Bw_1$ ,  $Bw_2$ ,  $Ck_1$  y  $Ck_2$  y la textura es arenosa-franca. Ambas parcelas tienen horizontes compactados de origen antrópico a los 20 cm aproximadamente, cuyos valores de resistencia mecánica están relacionados con la humedad del suelo. Las curvas de resistencia mecánica de la Parcela 1 muestran altos valores entre los 19 y 33 cm de profundidad, lo que corresponde al horizonte  $Ad$  (Fig. 1). En la Parcela 2, el piso de arado corresponde a los horizontes  $Ad$  y  $Bwd$ , siendo los valores del  $Bwd$  mayores (Fig. 2). En el resto de los horizontes la resistencia mecánica permanece prácticamente constante a través del tiempo después de los 68 días a partir de la siembra, debido a la desecación del perfil y a su menor capacidad de retención de agua como se observa en

la Fig. 3. Las curvas de retención de humedad obtenidas en ambas parcelas muestran la estrecha diferencia que existe entre el contenido hídrico en capacidad de campo y el punto de marchitez permanente (Fig. 3). Luego de la inflexión, pequeños cambios en el contenido hídrico conducen a grandes variaciones en el potencial mátrico, lo cual está asociado a rápidas oscilaciones de la resistencia mecánica (Fig. 3 y 4).

Los valores del área total de la raíz y área xilemática no presentan diferencias significativas entre ambas parcelas, aunque se puede observar que ambas variables son mayores en la Parcela 1 hasta prácticamente fines del ciclo del cultivo (Fig. 5). El valor significativo encontrado en la fecha 15/03/96, tanto para área total como para área xilemática, se considera error experimental, debido a que las áreas pueden permanecer constantes o seguir creciendo pero nunca deben disminuir.

Los estudios comparativos de los transcortes y macerados de raíz en ambas parcelas muestran diferencias significativas fundamentalmente en los caracteres específicos de los miembros de vaso: espesor de pared, diámetro, longitud y frecuencia en la mayoría de las fechas de muestreo (Fig. 6). En general, el espesor de la pared y el diámetro de los miembros de vasos presentan valores mayores en la Parcela 1 con respecto a la Parcela 2 a partir de la fecha de muestreo del 08-01-96, observándose valores semejantes en ambas parcelas en la última fecha (Fig. 6. A-B). La longitud de los miembros de vaso no presenta un patrón de comporta-

miento específico (Fig. 6. C). La frecuencia de los miembros de vasos fue mayor en la Parcela 1 en la mayoría de las fechas de muestreo (Fig. 6. D).

En la Fig. 7 se observan dos cortes transversales de raíz al final del ciclo del cultivo correspondientes a las Parcelas 1 y 2. En el área xilemática de la Parcela 1 se observa mayor cantidad y mayor diámetro de miembros de vaso, mientras que en la Parcela 2, al disminuir la cantidad de vasos, aumenta la proporción de parénquima.

## Discusión

Kraus *et al.* (1996a, b) realizaron estudios anatómicos comparativos en raíces de maní en lotes trabajados con reja (con piso de arado) y cincel (sin piso de arado), encontrando en este último raíces con mayor diámetro, mayor área xilemática y mayor número de elementos conductores en este tejido. Si bien en este estudio ambas parcelas tienen horizontes compactados, la Parcela 1 recibe mayor cantidad de precipitaciones y además posee mayor retención de humedad en el suelo debido a la textura, factores que disminuyen su resistencia mecánica. Por lo tanto, pequeñas variaciones de la humedad del suelo pueden atenuar el efecto de la compactación en la estructura de las raíces. Bennie (1991) trabaja con estructuras de raíces de distintos cultivos y encuentra que a mayores valores de resistencia mecánica se produce en general un aumento en el diámetro de los miembros de vaso. February *et al.* (1995) coinciden con estos resultados al estudiar otras

especies, pero además encuentran otra vía de respuesta de las raíces al estrés hídrico por incremento de la frecuencia de los miembros de vasos. Sin embargo, en este caso los mayores espesores de pared y diámetros de miembros de vaso se encuentran en la Parcela 1 (mayor disponibilidad de agua). No obstante, el estudio de la secuencia temporal muestra que al final del cultivo se obtienen valores equivalentes para ambas situaciones.

El área xilemática de la raíz es similar en ambas situaciones, pero en condiciones de estrés hídrico los miembros de vaso presentan menor diámetro, espesor de pared y frecuencia. Por lo tanto, el resto del área xilemática debe necesariamente estar ocupada por parénquima. Estos resultados concuerdan con Kraus *et al.* (1996a, b) que observaron un aumento de parénquima en el tejido xilemático de la raíz, que le permitiría cambios en la dirección de crecimiento para atravesar con mayor facilidad los horizontes densificados y, por lo tanto, mayor exploración del suelo. Si bien se podría pensar que el xilema de las raíces de la Parcela 2 es menos eficiente para el transporte de agua y solutos, esto no es necesariamente cierto ya que la eficiencia no depende sólo de la estructura del tejido sino también del volumen explorado por el sistema radical, entonces este aumento de parénquima le permitiría a la raíz atravesar pisos de arado y llegar a mayores profundidades. Este estudio demuestra cómo pequeñas variaciones de humedad en suelos con horizontes densificados pueden

producir modificaciones estructurales del xilema.

## Bibliografía

- BENNIE, A. 1991. Growth and mechanical impedance. In: Plant roots: The hidden half. Books in soils, plants and the environment (Eds. Y. Waisel, A. Eshel and U. Kafkafi. Marcel Dekker), New York:393-414.
- BONADEO, E. 1997. Efectos de la compactación subsuperficial de un hapludol típico del sur de Córdoba sobre el comportamiento del cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.). Tesis Magister Scientiae-Area: Ciencias del Suelo. UBA:1-24.
- D'AMBROGIO DE ARGÜESO, A. 1986. *Manual de Técnicas en Histología Vegetal*. 1º Edición. Editorial Hemisferio Sur S.A:53.
- ETCHEVEHERE, P. H. 1976. *Normas de reconocimiento de suelos*. 2da. Ed. INTA. Publicación N° 152. Suelos Castelar, 211 p.
- FEBRUARY, E. C.; W. D. STOCK; W. J. BOND and D. J. LE ROUX. 1995. Relationships between water availability and selected vessel characteristics in *Eucalyptus grandis* and two hybrids. *IAWA Journal* 16(3):269-276.
- JOHANSEN, D. 1940. *Plant microtechnique*. Mc Graw-Hill Book Co. Inc. N. York. 523 p.
- KRAUS, T. A.; M. GROSSO; S. BASCONSUELO and C. BIANCO. 1996a. Wuchsformen bei *Arachis hypogaea* L. *Flora* 191:221-229.
- KRAUS, T. A.; E. HAMPP; M. GROSSO; S. BASCONSUELO; R. MALPASSI y C. BIANCO. 1996b. Morfología de sistemas radicales de *Arachis hypogaea* L. en función de las condiciones físicas del suelo. *Rev. UNRC* 16(1):41-55.
- SOIL SURVEY STAFF. 1992. *Keys to Soil Taxonomy*. S.S.S. U.S.D.A. Washington, 541 p.
- STEEL, R. y J. TORRIE. 1988. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. 2º Edición. Ed. McGraw-Hill (México) 622 p.

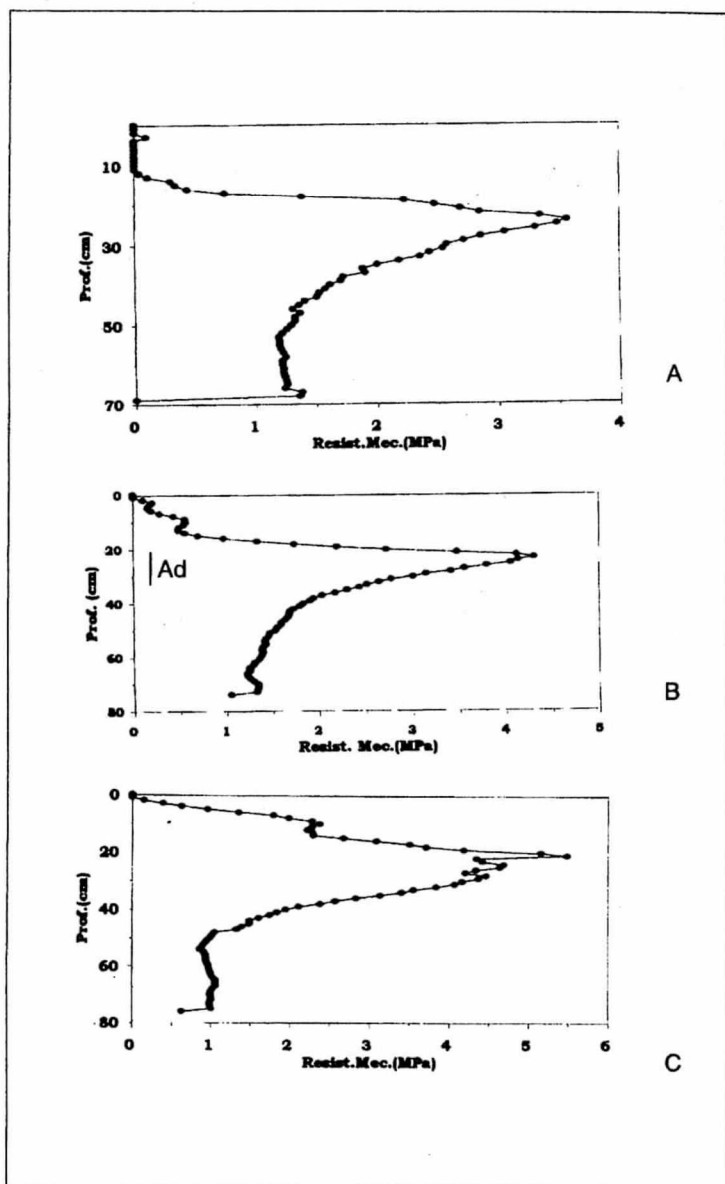


Figura 1. Curvas de resistencia mecánica del suelo obtenidas durante el ciclo de cultivo en la parcela 1 ( $63^{\circ} 64' O$  y  $32^{\circ} 51' S$ ) A. 13/02/96. B. 27/02/96. C. 15/03/96. Los horizontes Ad se indican en el sector izquierdo del gráfico.

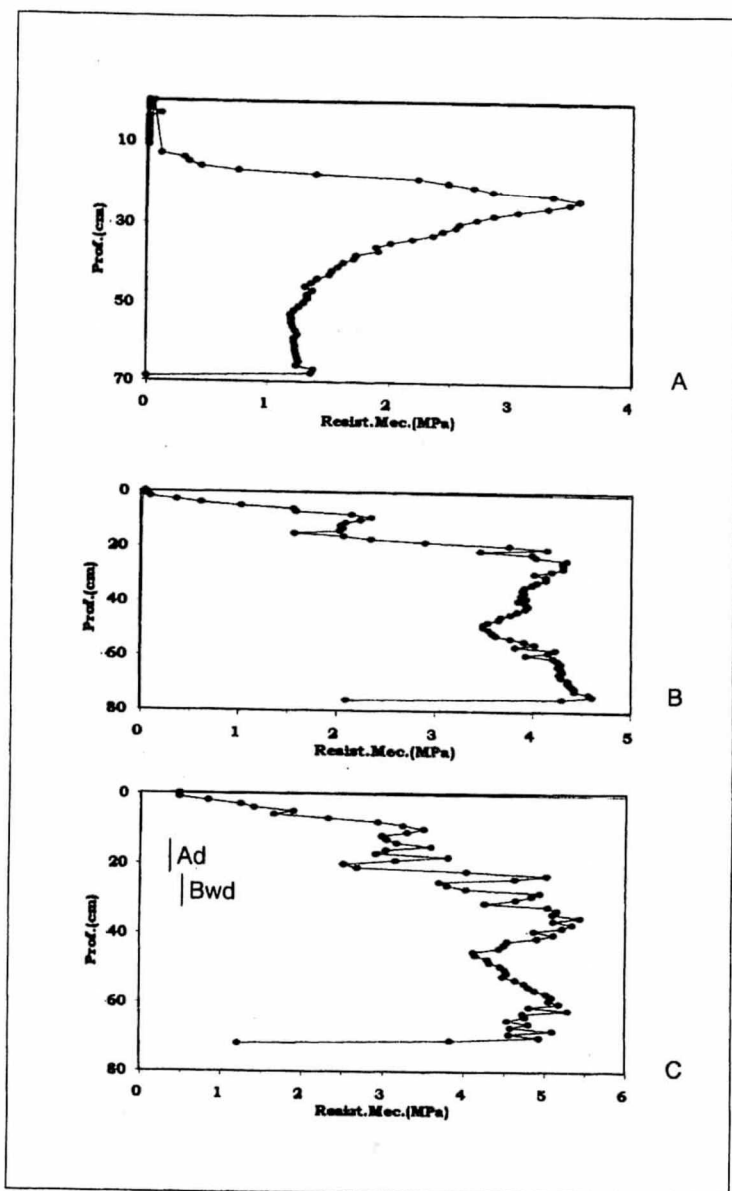


Figura 2. Curvas de resistencia mecánica del suelo obtenidas durante el ciclo de cultivo en la parcela 2 ( 64° 04' O y 32° 47' S ) A. 13/02/96. B. 27/02/96. C. 15/03/96. Los horizontes Ad y Bwd se indican en el sector izquierdo del gráfico.

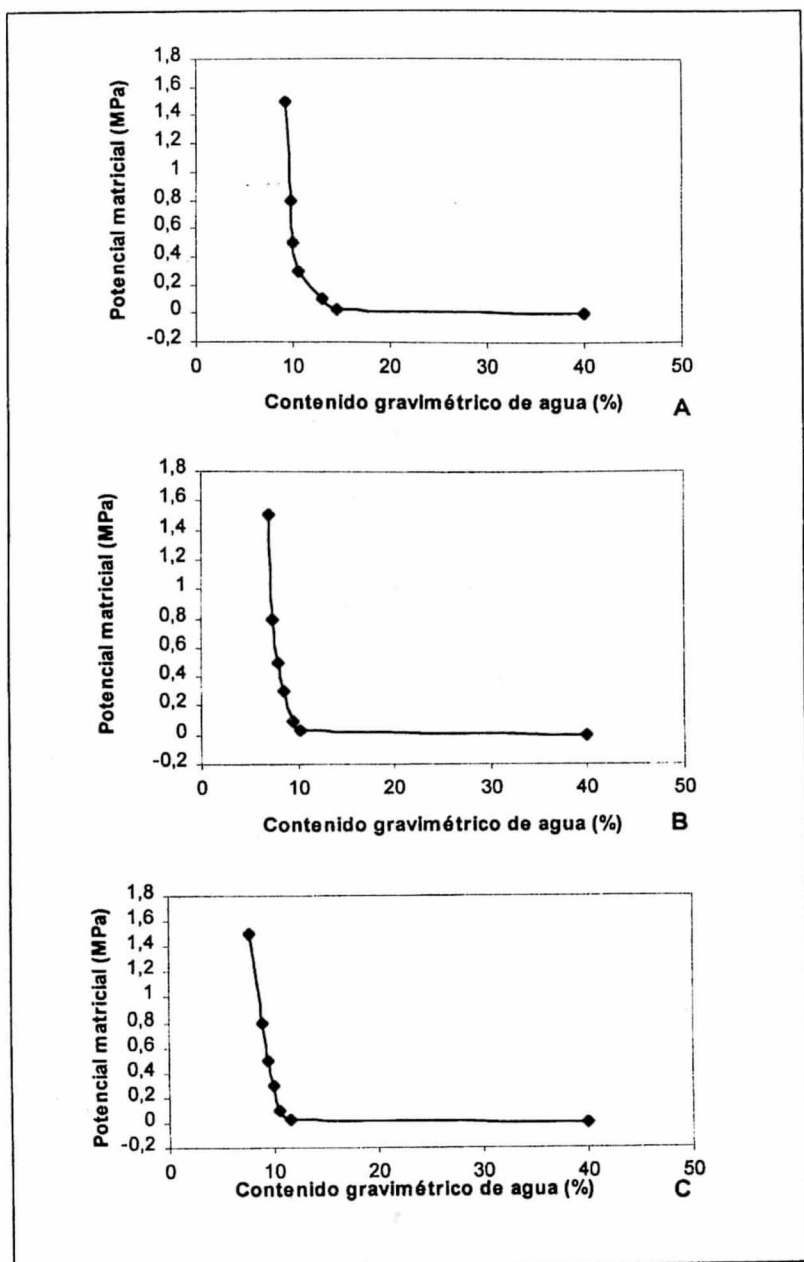


Figura 3: Curvas de retención de humedad del suelo. A. horizonte Ad, Parcela 1 (63° 54' O y 32° 51' S). B. horizonte Ad, Parcela 2 (64° 04' O y 32° 47' S). C. horizonte Bwd, Parcela 2. 1995-1996.



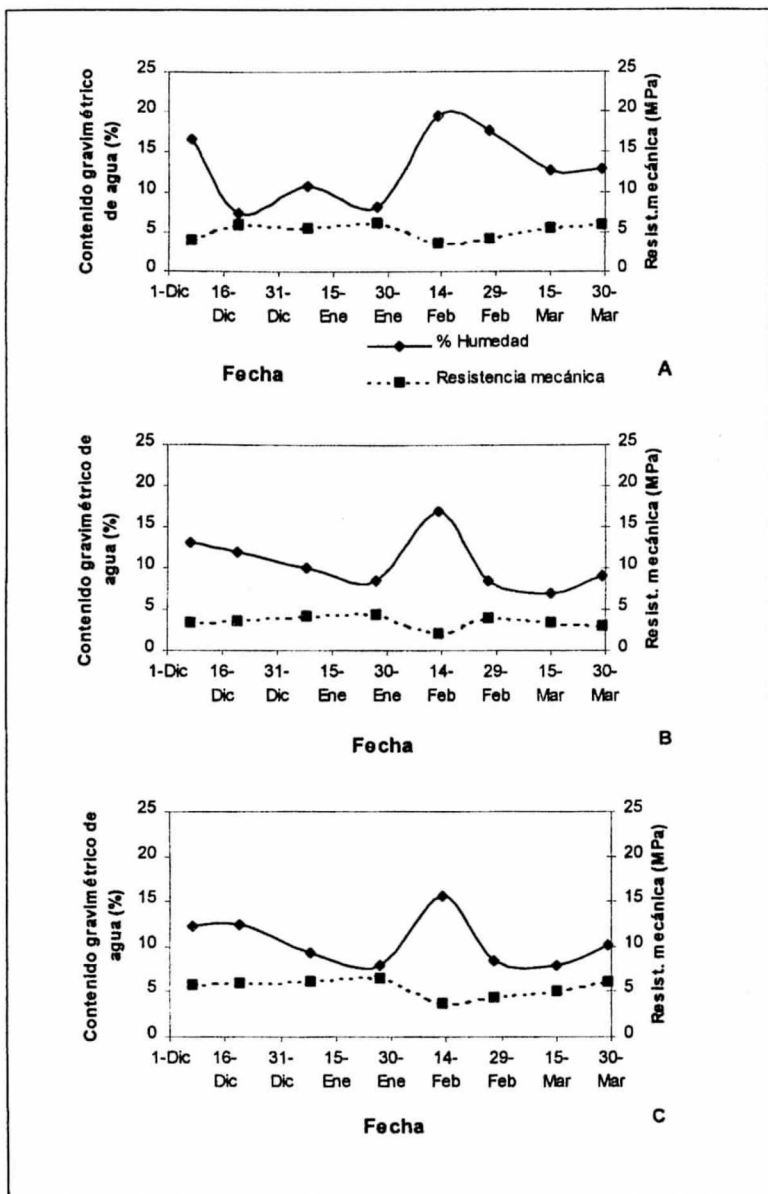


Figura 4: Relaciones entre las curvas de resistencia mecánica y humedad del suelo a lo largo del ciclo del cultivo. A. Horizonte Ad, Parcela 1 (63° 54' O y 32° 51' S). B. Horizonte Ad, Parcela 2 (64° 04' O y 32° 47' S). C. Horizonte Bwd, Parcela 2. 1995-1996.

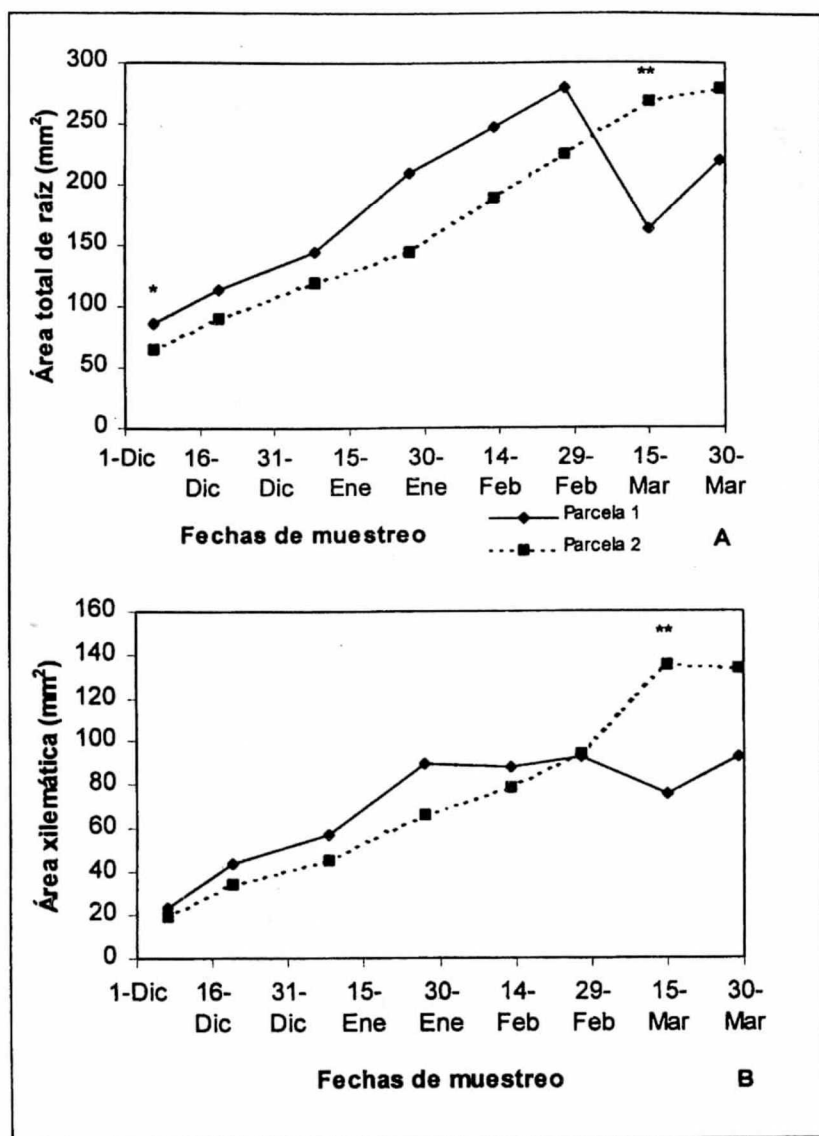
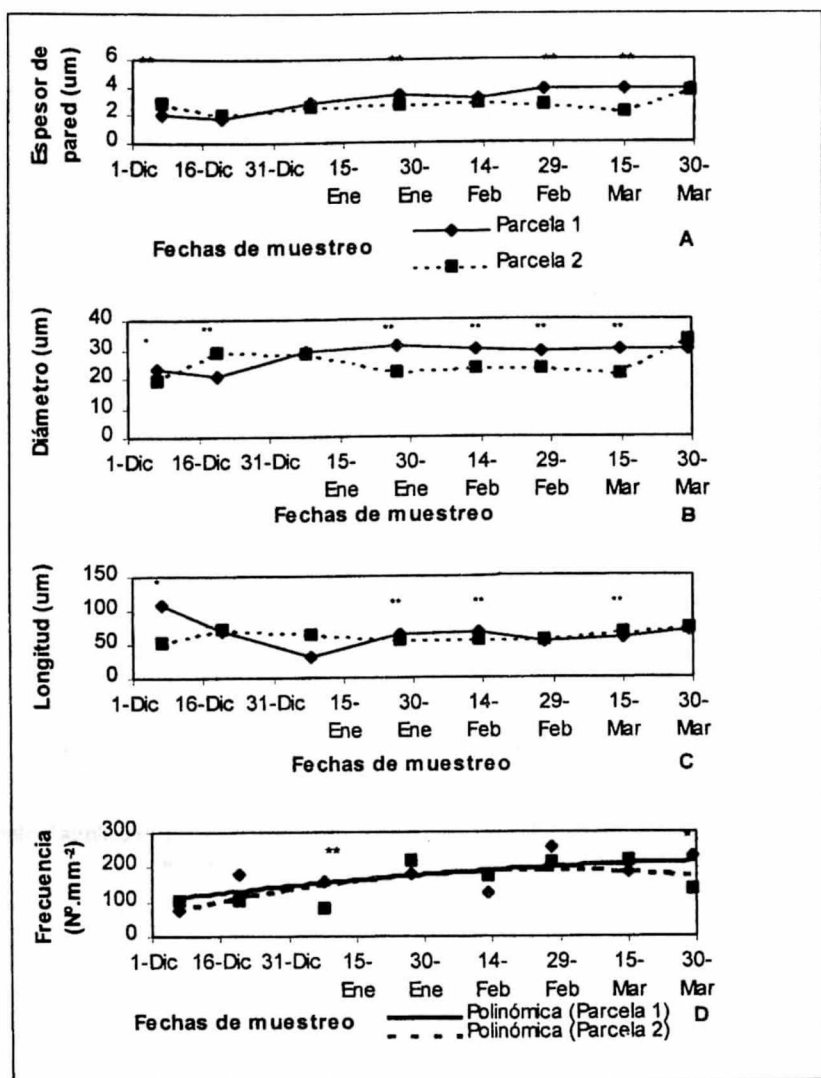


Figura 5: Variación de las áreas transversales de raíz principal a 5 cm del cuello de la planta de *Arachis hypogaea* L. "Maní" a lo largo del ciclo del cultivo. A. Área total. B. Área xilemática. \* : diferencias significativas entre las parcelas,  $\alpha = 0,05$ . \*\* : diferencias significativas entre las parcelas,  $\alpha = 0,01$ .



**Figura 6:** Variación de las características de los miembros de vaso de raíz principal a 10 cm del cuello de la planta a lo largo del ciclo del cultivo (*Arachis hypogaea* L. "Maní"). A. Espeor de la pared de los miembros de vaso. B. Diámetro de los miembros de vaso. C. Longitud de los miembros de vaso. D. Frecuencia de miembros de vaso. \* : diferencias significativas entre las parcelas,  $\alpha = 0,05$ . \*\* : diferencias significativas entre las parcelas,  $\alpha = 0,01$

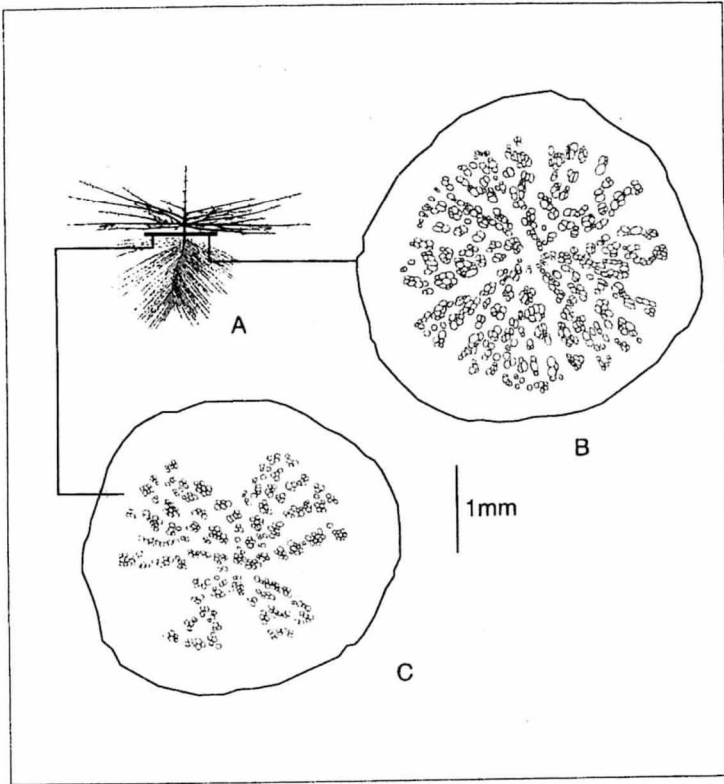


Figura 7. Transcortes de raíz principal de *Arachis hypogaea* L. "Mani" a 5 cm de cuello de la planta. A. Sistema radical mostrando zona de corte. B. Parcela 1. C. Parcela 2.