

## TECNICAS PARA EL ESTUDIO DEL SISTEMA RADICAL

MERINO, Carlos A. \*

### RESUMEN

El presente trabajo describe las técnicas utilizadas en el estudio del sistema radical de dos comunidades vegetales, una correspondiente a la estepa desértica de *Nassauvia glomerulosa* (Lag.) Don y la otra a la estepa gramínea de *Festuca pallescens* (St. Ives Parodi) ubicadas en el S.O. de la Provincia del Chubut, Argentina. Se emplearon métodos de extracción y de observación de raíces con el fin de conocer el ciclo de la biomasa radical, su dinámica de crecimiento y fenología. En uno de los métodos de extracción se utilizó un sacabocado de 5 cm. de diámetro y 60 cm. de longitud dividido en 2 mitades, construido en acero SAE 1040. En los 5 cm superiores se soldó un macizo de acero para permitir su hincado a golpes. El otro método de extracción consistió en el uso de trampas para extracción de raíces realizadas con 4 hierros de 0,5 cm de diámetro y 60 cm de longitud, soldados en sus puntas y parte media a 2 arcos de 5 cm de diámetro. Esta estructura se rodeó con una malla plástica cuadrada de 1 cm. de lado. La observación de las raíces se realizó a través de ventanas construidas en vidrio de 10 mm de espesor, cuyas dimensiones variaron según la especie estudiada. Se analizó cada método en profundidad, detallando las ventajas y desventajas encontradas en su aplicación.

### SUMMARY

This paper deals with the methods used to study the root system of two vegetal communities, one corresponds to the *Nassauvia glomerulosa* steppe and the other to *Festuca pallescens* community, both located in the South West of Chubut province, Argentine. We have employed extractions methods and "visual" methods to know the energetic cycle of the root system, its growing dynamic and phenology. A two half SAE 1040 steel auger, (diameter 5 cm length 60 cm) has been used in one of

\* Becario de Perfeccionamiento (CONICET)  
Centro Nacional Patagónico (CONICET)  
28 de Julio Nro. 28 - (9120) Puerto Madryn - Chubut - Argentina.

ISSN 0326 -- 4099	BOLETIN Nro. 2	PUERTO MADRYN	Pags. 15	MAYO 1985
----------------------	-------------------	------------------	-------------	--------------

the extraction methods. The other one was by means of traps, made with 4 iron rods (diameter 0,5 cm; length 60 cm), soldered in its tips and mid-part at 3 iron-hoops. This structure was surrounded with a 1 cm-side squared plastic mesh. The observation of the roots was pursued by means of windows, whose dimensions changed according to the considered species. The glass was a 10 mm thick. Each method was analyzed, detailing the advantages and disadvantages founded in their application.

## INTRODUCCION

El sistema subterráneo merece adecuada atención debido a que cumple un importante rol en la sobrevivencia de las especies, ya que sus órganos aseguran el suministro de agua, nutrientes y pueden además formar nuevos propágulos.

En zonas áridas y semiáridas la relación raíz/parte aérea, alcan a valores muy altos. Fernández y Caldwell (1975) determinaron para el caso de una comunidad de *Ceratoïdes lanata* que el 90 % de la biomasa total se hallaba por debajo de la superficie del suelo. Establecieron además que en *Atriplex confertifolia* un 87 % de la biomasa correspondía al sistema subterráneo.

Mooney (1972) en un estudio sobre el balance de carbono en plantas indicó que en zonas árticas y desérticas, las comunidades de pastizales presentaban más del 50 % de su biomasa en los sistemas radicales. En un trabajo realizado sobre un pastizal de *Festuca pallescens* en el S.O. del Chubut, se determinó que la relación raíz/parte aérea alcanzaba un valor máximo de 3 (Defossé, G. y Merino, C., 1984).

Lo expresado anteriormente indica la importancia de conocer el ciclo de la biomasa radical, su dinámica de crecimiento y fenología. Esto implica desarrollar técnicas para determinar la productividad de raíces y su crecimiento en el suelo.

Entre junio de 1981 y abril de 1984 se desarrollaron estudios de productividad primaria en dos comunidades vegetales ubicadas en el S.O. de la provincia del Chubut. Se aplicaron distintas técnicas con el fin de cuantificar la biomasa radical, seguir su crecimiento, describir su fenología y detectar las diferentes clases de raíces según sus distinta actividad biológica. En el presente trabajo se realiza una descripción de las diferentes técnicas utilizadas y se analizan las ventajas y desventajas encontradas en la aplicación de las mismas.

## MATERIALES Y METODOS

Las áreas donde se desarrollaron estas experiencias presentan dos situaciones extremas en cuanto a aridez dentro de la provincia del Chubut.

Una corresponde a la estepa desértica de *Nassauvia glomerulosa* (Lag.) Don de estrato regular, muy abierto de arbustos rastroso y en cojín con pastos cortos (2-5 cm) Anchorena (inérito). En esta comunidad se instaló una clausura para evitar el pastoreo de grandes herbívoros, cerca de la localidad

de Sarmiento, longitud 69° 45', latitud 42° 25' (Figura 1).

La otra comunidad pertenece a la estepa gramínea de *Festuca pallese* (St. Ives Parodi) (Anchorena, loc. cit.) donde la mencionada especie ocupa entre el 50 y 90 % de la cobertura vegetal (Soriano, 1956). Esta especie se ubica en mallines y faldas gramíneas de la cordillera andina, desde Mendoza hasta Santa Cruz, formando la denominada estepa de coirón blanco. El área de estudio intensivo se situó en proximidades de la localidad de Alto Río Mayo, latitud 45° 40' y longitud de 71° 30' (Figura 1), donde se realizó una clausura de similares características a la mencionada anteriormente.

No es posible realizar una única clasificación de los métodos existentes para el estudio del sistema subterráneo debido a que en algunos casos esos métodos son muy diferentes.

Bohn (1979) realizó la siguiente clasificación :

- 1) Método de excavación.
- 2) Métodos monolíticos.
- 3) Método del Barreno.
- 4) Método del perfil de pared.
- 5) Método de ventañas de observación.
- 6) Método indirecto.
- 7) Método de contenedores.
- 8) Otros métodos.

Cada uno de los métodos implica el uso de diferentes técnicas. La elección de los más convenientes se basa generalmente en la laboriosidad de las mismas y en la exactitud de los datos requeridos.

Los métodos empleados para el estudio del sistema subterráneo en estas dos comunidades fueron los siguientes :

- a) Método de extracción con sacabocado.
- b) Método de extracción con trampas para raíces.
- c) Método de observación de raíces en ventanas.

Los dos primeros implican extraer un volumen conocido de suelo y luego determinar en él la biomasa radical. Para separar las raíces del suelo es necesario realizar el lavado de las muestras. En general el volumen de suelo extraído es pequeño comparado con otros métodos, por ejemplo el monolítico (Bohn loc. cit.).

Con el tercer método se sigue el recorrido de las raíces sobre un panel de vidrio instalado cerca de plantas de la especie que se quiere estudiar. Permite realizar un estudio del sistema radical in situ y con una mínima perturbación del perfil del suelo (Ares, 1976; Fernández y Caldwell, 1977).

#### a) Método de extracción con sacabocado .

Existen varios antecedentes del uso de sacabocados para extraer muestras de suelo con el fin de estudiar el sistema subterráneo.

Kelly et al (1947) propusieron el uso de una máquina para extraer muestras de suelo no distur-

bado. El mismo estaba compuesto por tres tubos de 10 cm. de diámetro, pudiendo excavar hasta 3 m. de profundidad. Los tubos se introducían mecánicamente y la máquina iba montada sobre un vehículo. Este método requería de 10 a 30 minutos para la obtención de una muestra, dependiendo del tipo de suelo. Cuando el suelo estaba muy seco era muy difícil obtener una columna no disturbada de más de 1 m., ya que se bloqueaban los tubos en el suelo compactado. Bochle et al (1963) usaron un tubo de 60 cm de longitud y 15 cm de diámetro que era introducido en el suelo, utilizando un medio hidráulico montado sobre un pequeño tractor. Otros autores usaron esta misma técnica pero con tubos de otros diámetros (Bartos y Simes, 1974; Grimes et al, 1975).

En nuestro caso se utilizó un sacabocado de 5 cm. de diámetro construido en acero SAE 1040, dividido longitudinalmente en dos mitades. En los 5 cm superiores se soldó un macizo de acero para permitir su hincado a golpes. Las muestras se extrajeron hasta los 60 cm de profundidad y fueron fraccionadas de la siguiente manera : 0-10, 10-20, 20-40 y 40-60 cm.

En la Figura 2 se muestra un esquema del extractor y una secuencia de la operación de toma de muestras realizadas a campo.

#### b) Método de trampas para raíces.

Este método fue desarrollado por O. Fernández, T. Montani y R. Distel en el departamento de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Sur. Consisten en estructuras construidas con 4 hierros de 0,5 cm. de diámetro y 60 cm. de longitud, soldados en su parte media y en sus puntas a 3 arcos de 5 cm. Alrededor de esta estructura se colocó una malla cuadrada de 1 cm. de lado (Figura 3). Se instalaron dentro de una excavación realizada hasta la profundidad deseada (en nuestro caso 60 cm) y luego, dentro de la trampa se introdujo el suelo tamizado por tamiz de 2 mm de acuerdo al horizonte correspondiente. Al cabo de un período determinado se extrajeron dichas trampas y se fraccionaron las muestras como en el caso anterior. Una vez lavadas se pesaron las raíces encontradas. El inconveniente encontrado consistió en que el suelo utilizado fue disturbado al tamizarse, perdiendo de esta manera la estructura original.

En ambos métodos el número de muestras a extraer para cada horizonte se calculó en base a muestreos exploratorios, utilizando la siguiente fórmula (Milner, 1970) :

$$N = \frac{t \cdot S E}{x \cdot d}$$

t = Valor tabla,

E = Error standard

x = Media aritmética

d = Nivel de precisión ( 20 % )

El valor de N encontrado varió entre un mínimo de 8 y un máximo de 12.

Además del nivel de precisión fijado se consideraron aspectos de orden técnico y económico vinculados al número de muestras posibles de procesar en el laboratorio, el cual fue fijado en 10 muestras por horizonte y por muestreo periódico.

FIGURA I

AREAS DE ESTUDIO DEL PRESENTE TRABAJO

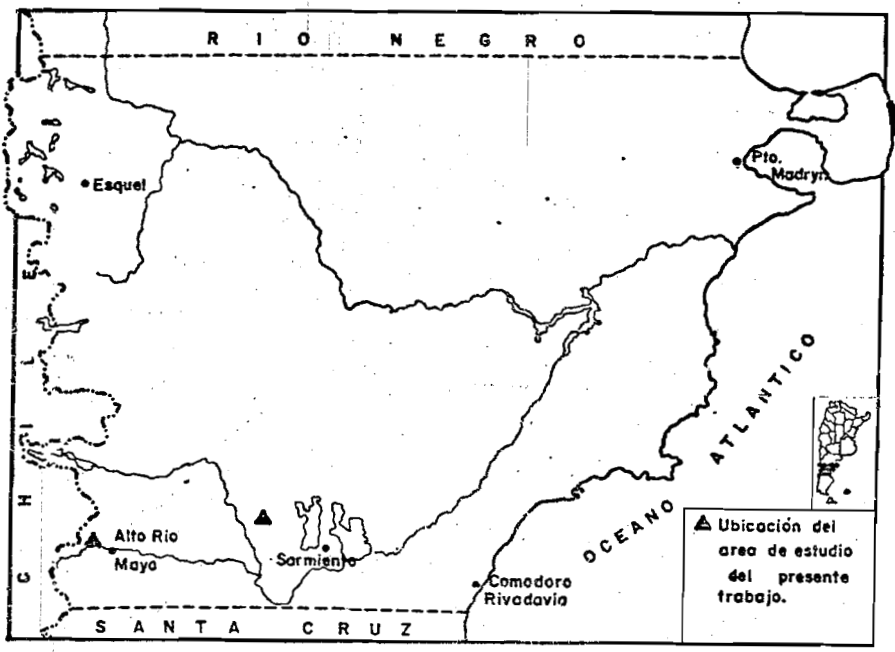


DIAGRAMA E INSTALACION DEL SACABOCADO UTILIZADO.

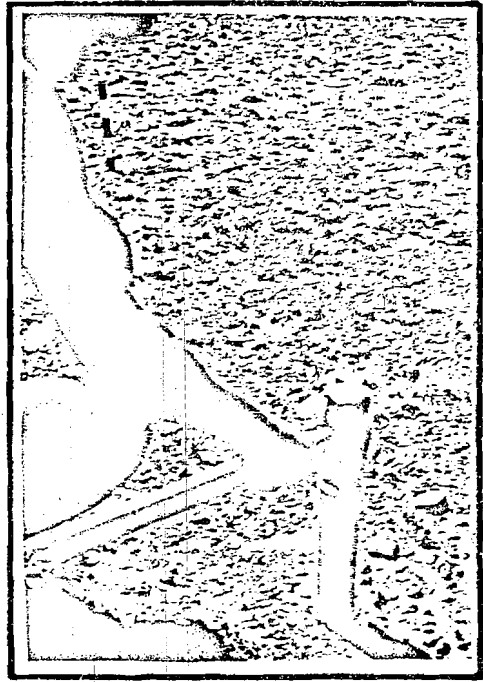
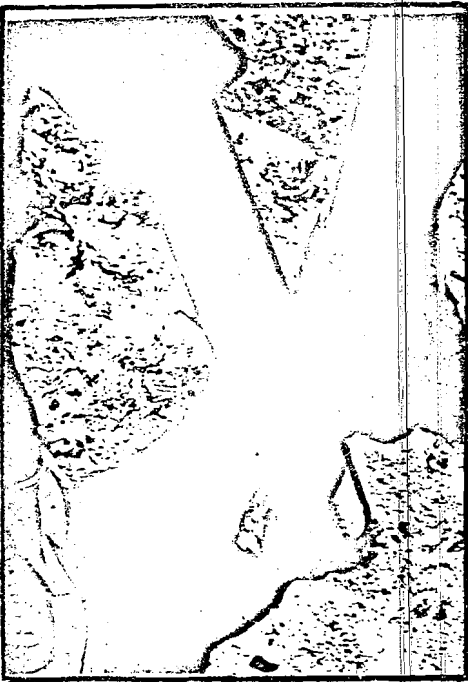
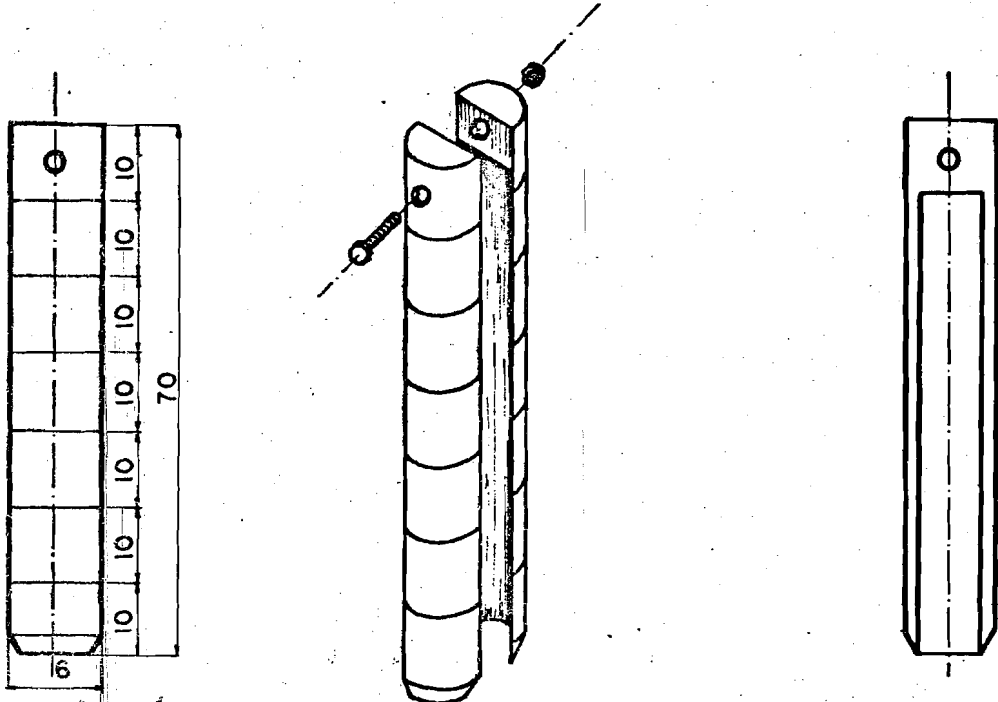
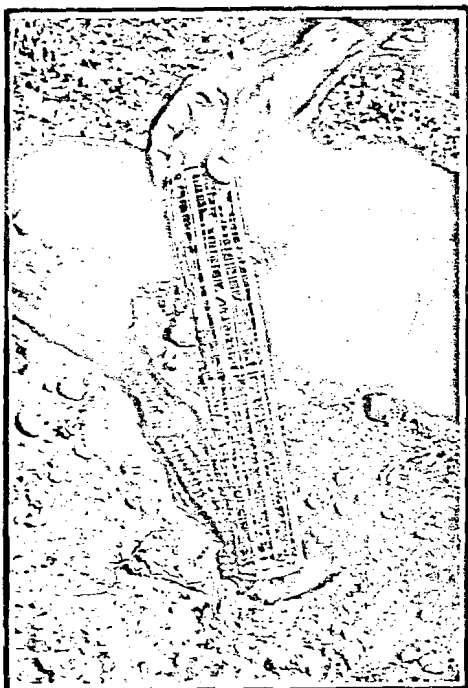
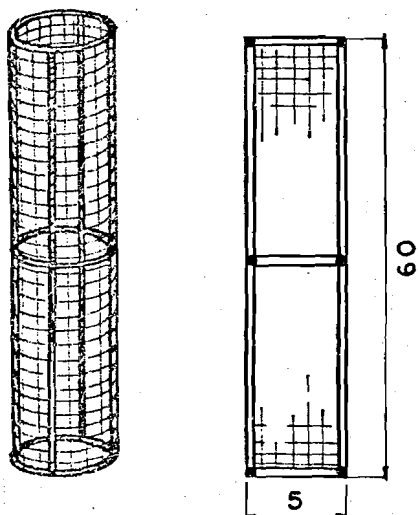
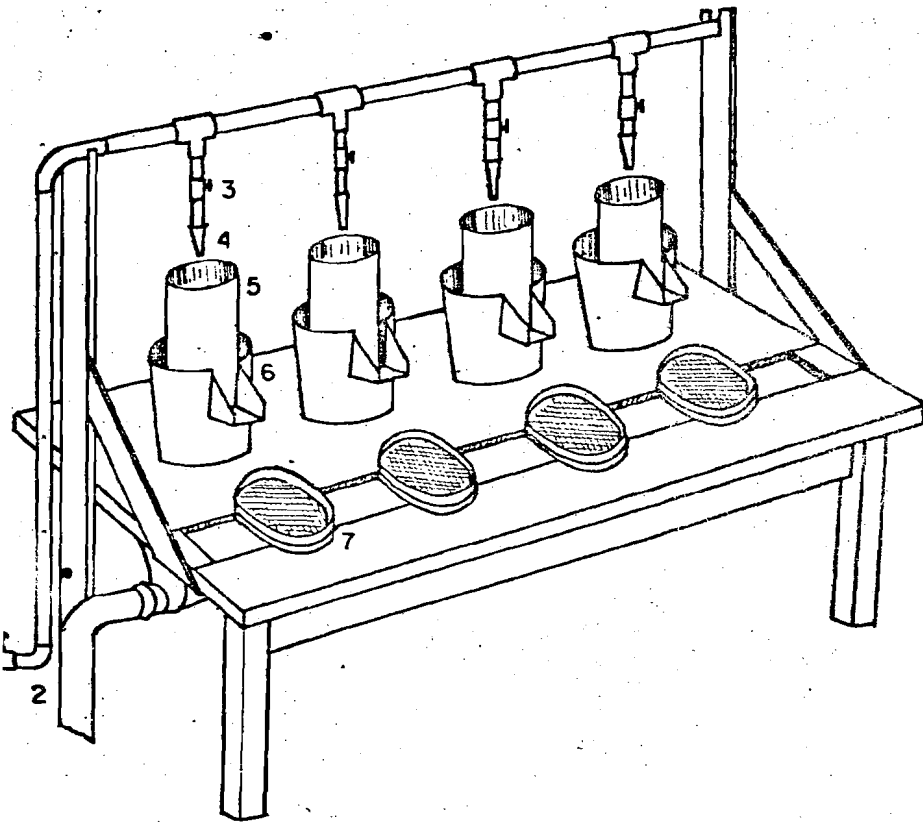


FIGURA 3

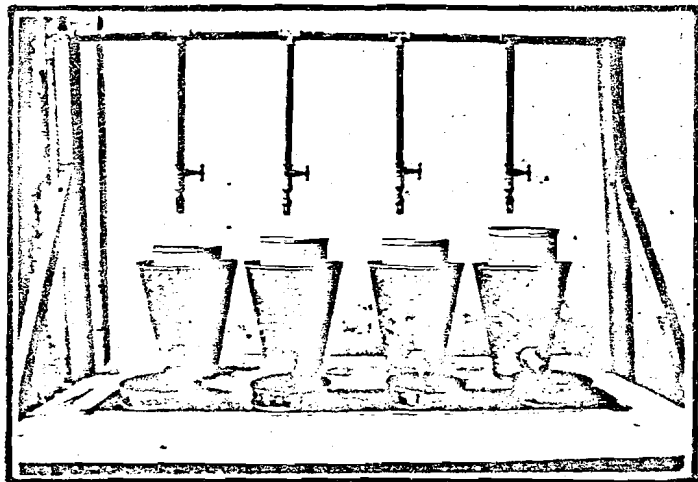
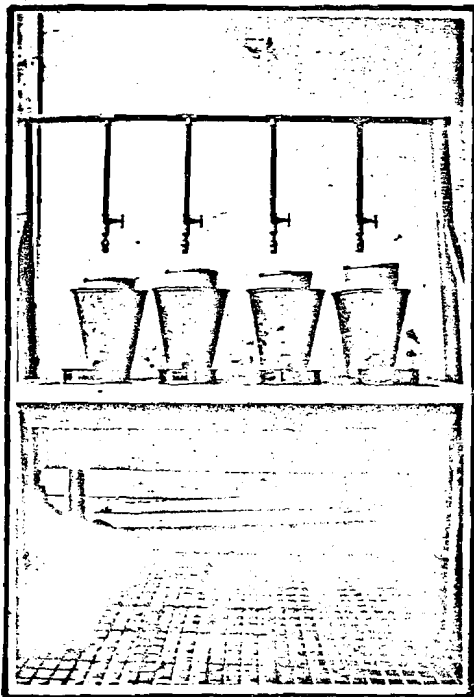
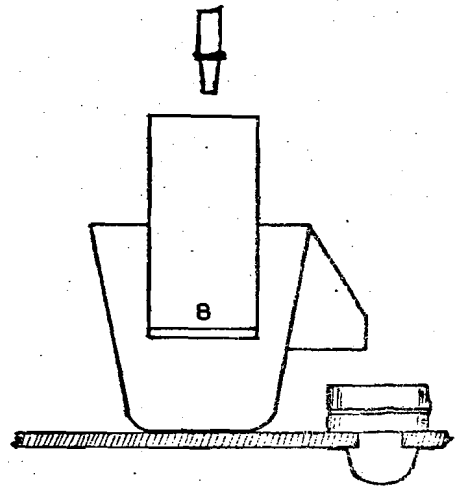
DIAGRAMA E INSTALACION DE LAS TRAMPAS PARA RAICES UTILIZADAS.



LAVADOR DE RAICES.



- 1 caño PVC o 1 pulgada
- 2 caño PVC o 4 pulgadas
- 3 llave de paso
- 4 pico aspersor
- 5 latas 5 ltos.
- 6 latas 10 ltos.
- 7 tamiz 50 mesh
- 8 tamiz 30 mesh





En los métodos descritos se hace necesario lavar las muestras para separar las raíces del suelo. Para esto existen distintas técnicas entre las que se encuentran el método de tamizado, en el cual la muestra pasa a través de una malla cuya abertura varía entre 2 y 5 mm. Sobre esta malla quedan las raíces, las que luego son pesadas (Bohn, loc. cit.). Esta técnica se usa fundamentalmente en suelos arenosos y en el estudio de sistemas radicales de árboles donde las raíces superan los 2 mm de diámetro y no son tan frágiles como las raíces de las gramíneas. El problema de la pérdida de las raíces finas fue solucionado usando tamices con menor abertura (Cockroft y Wallbrink, 1966; Samoilova, 1968).

En los casos en que las raíces son más finas se prefieren los métodos de lavado. El lavado de las muestras puede realizarse a mano o por medio de aparatos diseñados para tal fin. El caso más simple y económico es el lavado a mano, que consiste en someter la muestra a un rocío con agua y luego recoger las raíces en tamices cuya abertura de malla varía según el diámetro de las raíces estudiadas, entre 0,2 mm<sup>2</sup> y 2 mm<sup>2</sup>. — Bohn (loc. cit.), Caldwell y Fernández (1975) compararon técnicas de lavado cambiando la abertura de la malla, encontrando que sobre la malla más fina (0,02 mm<sup>2</sup>) se recogía una cantidad significativamente mayor de raíces.

El uso de lavador de raíces permite procesar una mayor cantidad de muestras en un tiempo reducido. Nyren, P. y otros (1981) diseñaron un aparato para lavar raíces, las cuales eran recogidas primeramente en tamices de malla 40 y luego se efectuaba una última recolección en tamices de malla 60.

Lauenroth y Whitman (1971) construyeron un lavador de raíces, el cual constaba de una serie de unidades compuestas por un recipiente de 4 litros de capacidad en cuyo fondo tenía soldado un tamiz de malla 40. Este recipiente iba colocado dentro de otro de 10 litros de capacidad que desagotaba sobre un tamiz de malla 62. A estas unidades, colocadas sobre una mesa, se le suministraba agua a presión a través de una cañería galvanizada de media pulgada. Este lavador se utilizó en muestras cuyo porcentaje de arena era alrededor del 84 % y permitía procesar entre 150 y 180 muestras cada ocho horas.

En nuestro caso se construyó un lavador basándose en el descrito precedentemente. El mismo consistió en 5 baterías de recipientes de 5 litros en cuyo fondo se encastraron tamices de malla 30. Estos recipientes iban dentro de otros con 10 litros de capacidad, cuya desagote se realizó en tamices de malla 50. Las muestras se colocaron en los recipientes de 5 litros procediéndose luego al lavado de las mismas suministrando el agua a través de picos aspersores que permitían regular la intensidad y la forma del flujo de agua. Las muestras se sometieron al flujo continuo de agua durante 10 a 15 minutos recogiendo luego las raíces depositadas sobre ambos tamices (Figura 4).

Se trabajó con dos tipos de muestras, las correspondientes a la comunidad de *Festuca pallescens* de textura arenosa y las de la comunidad de *Nassauia glomerulosa* con un contenido mayor de arcilla. En este último caso fue necesario realizar un pretratamiento de la muestra que consistió en colocar las mismas, durante una a dos horas en una solución dispersante de hexametáfosfato de sodio o cloruro de sodio.

Se procesaron entre 40 a 60 muestras cada 8 horas. En la Figura 4 se muestra en detalle un esquema y fotografía del lavador de raíces.

c) **Método de observación de raíces en ventanas.**

Con este método se puede observar el crecimiento de las raíces y los cambios que ocurren en su fenología. El perfil del suelo sufre una mínima perturbación y las observaciones son continuas.

El primero en utilizar este método fue Mc Dougall en 1916. Bohn (loc. cit.) explicó que es conveniente que el tamaño de las ventanas no sea mayor de 50 x 50 cm. y que el espesor del vidrio varíe entre 5 y 10 mm. Cuando el área de observación es más grande, deben colocarse varias ventanas sobre la pared a estudiar, pegadas entre sí y enmarcadas. Forham (1972) utilizó vidrios reforzados con una malla de alambre interna para disminuir el riesgo de rotura del vidrio al instalar la ventana. Fernández y Caldwell (1975, 1977) utilizaron paneles de Plexiglass en lugar de vidrio minimizando el peligro de rotura.

Es importante lograr un buen contacto entre las ventanas de observación y el suelo de la pared estudiada. Si esto no ocurre pueden cambiar las condiciones del medio ambiente donde se desarrollan las raíces observadas. También puede ocurrir que se condense agua en los espacios donde no se produce buen contacto, disminuyéndose de esta manera la posibilidad de observar el desarrollo radical.

Otro inconveniente de este método es el establecido por Rogers y Read (1968), quienes encontraron una diferencia de temperatura de aproximadamente 1°C entre las temperaturas del suelo medidas sobre las ventanas y las determinadas a 1m. de distancia de la misma.— Esto podría ocasionar variaciones en el crecimiento de las raíces observadas. Sin embargo Fernández y Caiuweli (loc.cit.) utilizando un compartimento hermético no encontraron cambios entre la temperatura del suelo y el potencial agua medidos a 1m. de distancia de la ventana y los medidos sobre las ventanas de observación. En nuestro caso se utilizaron ventanas de vidrio de 10mm. de espesor de 50cm. de ancho y 80cm. de profundidad, para el caso de la comunidad de *Festuca pallezens* y 40 cm de profundidad para la comunidad de *Nassauvia glomerulosa*. Las mismas fueron instaladas en excavaciones de 1 m x 1 m., cerca de plantas de la especie a estudiar. Para fijarla a la pared del pozo se utilizaron grampas de fijación, especialmente diseñadas para tal fin (Figura 5).

La pared fue trabajada tratando de causar una mínima perturbación del perfil y con una inclinación de aproximadamente 10° respecto a la vertical, como se describe en el esquema de la Figura 5. Sobre las excavaciones se colocaron cubiertas de metal para evitar el desmoronamiento de las mismas por la acción de la lluvia o nieve. El resto de las paredes del pozo fueron protegidas con material aislante, con el fin de evitar pérdidas de temperatura y humedad.

Se efectuaron calcos del recorrido de las raíces sobre láminas de acetato y luego se registraron los cambios en el crecimiento y fenología radical (Merino, C. inédito). Esta metodología permite estudiar los elementos más finos del sistema subterráneo, que con las técnicas de extracción son generalmente destruidas.

## RESULTADOS Y SU EVALUACION

**Métodos de extracción con sacabocados.** Las técnicas que utilizan sacabocados para la extracción de las muestras de suelo — raíces — difieren fundamentalmente en la forma en que es introducido el sacabocado en el suelo. Esto puede realizarse a mano o mediante medios mecánicos. En nuestro caso se utilizó el método manual, el cual presentó el inconveniente de ser sumamente laborioso y además no se pudieron obtener muestras a más de 60 cm. de profundidad, debido a la presencia de un depósito glacial formado por clastos considerables que ocasionaron la rotura de varios sacabocados.

El tiempo de procesamiento para cada muestra varió entre 10 y 20 minutos, dependiendo del grado de humedad del suelo, ya que cuando el mismo se encontraba muy seco, se hacía más laborioso introducir el sacabocado.

En el volumen conocido de suelo extraído se determinó, previo lavado, la biomasa subterránea de las comunidades estudiadas (Merino, inédito). Una desventaja encontrada en este método fue que no pudo medirse con exactitud la compactación sufrida por la muestra y además se produjo la pérdida de los elementos más finos del sistema radical.

En nuestro caso se trabajó en áreas clausuradas donde se realizaron estudios de productividad aérea y subterránea simultáneamente. Esta situación impidió el uso de medios mecánicos (Kelley et al, loc. cit., Bochle et al, loc. cit.) debido a que la presencia de un vehículo dentro del área en estudio causarían importantes perturbaciones en la misma.

**Método de extracción con trampas para raíces.** El uso de las trampas para raíces presentó el mismo inconveniente que el método del sacabocado en lo referido a la profundidad a la cual se pudieron extraer las muestras. Los datos obtenidos tuvieron una mayor variabilidad, por lo que fue necesario aumentar el número de trampas y además para disminuir esa variabilidad se eligió un sector homogéneo de 30 x 30 m. dentro del área clausurada para instalar las trampas. Al tamizar el suelo que se introducía dentro de las mismas se aseguró que no quedaran raíces y por lo tanto la biomasa medida en un período dado representaba las raíces producidas en dicho período.

El tiempo utilizado para la instalación de estas trampas fue de aproximadamente 40 minutos para cada una.

**Método de observación en ventanas.** Con este método se siguió el crecimiento continuo de las raíces con condiciones naturales y se observó la evolución de los elementos más finos del sistema radical. Dichos elementos revisten gran importancia en el proceso de absorción de agua y nutrientes (Ares, 1976; Hodgkinson y otros, 1978). Se establecieron los cambios fenológicos y las tasas relativas de crecimiento, suberización y descomposición de raíces (Merino, C. inédito). Se encontró una correlación significativa entre los datos de biomasa subterránea obtenidos con los dos métodos anteriores y los calculados en base a la longitud de las raíces medidas sobre las ventanas de observación. Para ello se realizaron estudios complementarios sobre la morfología de las raíces (Merino, C. inédito). Estos mismos resultados fueron obtenidos por William y otros (1981) en un trabajo realizado a partir del conteo de las raíces en ventanas de Plexiglass, correlacionado con la biomasa radical obtenida por extracción de

raíces.

Un inconveniente de este método radica en que el número de replicaciones que se pueden realizar por tratamiento es bajo, lo que ocasiona dificultades en el análisis estadístico de los datos, esto puede salvarse con la repetición de los estudios por varios años (Bohn, loc. cit.).

## CONCLUSIONES

El método de extracción con sacabocado fue el más laborioso, aunque el tiempo de extracción utilizado con cada muestra fue relativamente breve (entre 10 a 20 minutos por muestro). Con este método no se modifica la estructura del suelo, pero la compactación sufrida por la muestra no pudo medirse con exactitud.

El uso de trampas para raíces dió la posibilidad de cuantificar la biomasa radical producida en un período dado. Al tamizar el suelo que se introduce en la trampa el mismo pierde la estructura original.

Las ventanas de observación de raíces permiten realizar un estudio del sistema subterráneo in situ con la menor modificación del perfil del suelo. Los datos se obtuvieron con cierta facilidad y pudo seguirse la evolución de los elementos más finos del sistema radical que generalmente se pierden con los métodos de extracción. Se obtuvo una correlación altamente significativa entre la biomasa radical extraída por los otros métodos y la calculada a partir de la observación en las ventanas. Por ello este método además de usarse para estudios descriptivos, podría servir para cuantificar la biomasa subterránea.

## BIBLIOGRAFIA

- ANCHORENA, J. Mapa de vegetación en un área piloto Río Mayo (Tipos principales y diseños de distribución). (Inédito).
- ARES, O. (1976). Dynamics of the root systems of blue grama. *Journal of range management* 29 (3): 208 - 213.
- BARTOS, A.J. & SIMS, P.L. (1974). Root dynamics of a short grass ecosystem. *J. Range Manag.* 27, 33 - 36.
- BOCHLE, I.; MITCHELL, W.A.; KRESGE, C.B. y KARDOS, L.T. (1963). Apparatus for taking soil root cores. *Agron.*, J. 55, 208 - 209.
- BOHN, N. (1979). Methods of studying Root Systems. *Ecological Studies* 33. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg, New York.

- COCHRIFT, B. & WALLBRINCK, I.C. (1966). Root distribution of orchard Trees. Aust. I. Agric. Res. 17, 40 - 50.
- DEFOSSE, G. y MERINO, C. (1984). Productividad primaria neta de un pastizal dominado por coirón blanco (*Festuca pallescens* St. Ives Parodi) en el S.O. del Chubut. VII Reunión Nacional para el estudio de las regiones áridas y semiáridas. Trelew, Mayo 1984.
- FERNANDEZ, O. y CADWELL, M. (1977). Root growth of *Atriplex confertifolia* under field conditions. In the belowground ecosystems. A synthesis of Plant-Associated Processes.
- FERNANDEZ, O. y CALDWELL, N. (1975). Phenology and Dinamics of the root growth of three wool semidesert shrubs under field conditions. Ecol. 63 : 703 - 714.
- FONDHAM, R. (1972). Observations on the growth of roots and shoots of tea (*Camellia sinensis, L.*) in Southern Malani. I. Hortic Sci. 47, 221 - 229.
- HODKINSON, K.; JHONSON, P. y NORTON, B. (1978). Influence of summer rainfall on root and shoot growth of a cold winter desert schrub (*Atriplex confertifolia*). Oecologia (Berl.) 34, 353 - 363.
- KELLY, D.J.; HARDMAN, J.A.; JENNINGS, D.S. (1947). A soil-sampling machine for obtaining two-three and four-inch diameters cores undisturbed soil to a depth of six feet. Proc. soil soc. am. 12, 85 - 87.
- LAURENROTH, W. y WHITMAN, W. (1971). A rapid method for washing roots. Agron. J. 53, 265 - 268.
- MC DOUGALL, W.B. (1916). The growth of forest three roots. A.M.J., Bot. J., 384 - 392.
- MERINO, C. -Crecimiento radical de *Festuca pallescens* (St. Ives Parodi) en condiciones de campo.
- MERINO, C. Técnicas de doble muestreo para el estudio del sistema subterráneo. (Inédito).
- MOONEY, M.A. (1973). The carbon balance of plants. Annual review of ecology and sistematics. 3 : 315 - 356.
- NYREN, P.; GOETZ, H. y WILLIAMS, D. (1979). A simple and economical root washer. Journal of range management 34, 2 : 154 - 155.
- ROGERS, W. y HEAD, G. (1968). Studies of roots of fruit plants by observation panels and time lapse photography. In : Methods of Productivity Studies in Root Systems and Rhizosphere Organisms. Int. Symp. USSR. Ed. by USSE Academy of Sciences, Leningrad : Nauka, pp. 176 - 185.

SAMOILOVA, E.M. (1968). The study of the tree root systems on sandy soils. In : Methods of the Productivity Studies in Root Systems and Rhizosphere Organisms. Int. Symp. USSR. Ed. by USSR Academy of Sciences Leningrad : Nauka pp 195 - 200.