

Incidencia de la degradación edáfica en el desarrollo aéreo y radical de una pastura consociada

M. S. Vilche*, B. Martín y S. Montico

Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Agrarias, CC 14 (2123). Zavalla, Argentina

Influence of soil degradation on development of aerial parts and roots of a legume-grass associated pasture

ABSTRACT: A study was conducted on the effects of two states of soil degradation (E1 more and E2 less) on the establishment of a pasture association of *Festuca arundinacea* and *Medicago sativa* in an Argiudol vertic soil of Argentina. In the surface horizon the characteristics measured were organic carbon, structural instability (S index), apparent density, and mechanical resistance (penetrometer). Evolution of the structural variables of the pasture was studied and at 120 days post-seeding, measurements were taken of ground cover represented by weeds and aerial forage phytomass; and in the roots of a sampling of 40 plants of each species, dry weight, length, and diameter. In soil E1 there was a significant reduction in the stand and plant height of alfalfa, whereas the number of fescue bunches increased, but total production of aerial dry matter declined ($P < 0.05$). In roots of the 40-test-plant samples there were differences between soils in the morphological characteristics, length, and distribution of diameters. Total root length was highly correlated with the S index and organic carbon content of the soil ($r = -0.85$, $P < 0.07$ and $r = 0.75$, $P < 0.10$, respectively). Apparent density of soil E1 was most closely associated with fescue roots of 2 mm diameter ($r = 0.70$, $P < 0.15$). The latter soil property and resistance to penetration correlated positively with area in weed cover ($r = 0.45$, $P < 0.05$ and $r = 0.48$, $P < 0.001$) in soil E1. Soil condition did affect establishment of the pasture, limiting the development of aerial parts and roots of the constituent species, especially alfalfa, under the most degraded conditions.

Key words: Alfalfa, fescue, degraded soils, pasture establishment, structural variables

©2001 ALPA. Todos los derechos reservados

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2001. 9(1): 30-34

RESUMEN: Se estudió el efecto de dos estados de degradación edáfica (E1 mayor y E2 menor) sobre el establecimiento de una pastura consociada de *Festuca arundinacea* y *Medicago sativa*, en un Argiudol vértico de Argentina. En el horizonte superficial se midieron carbono orgánico, inestabilidad estructural (Índice S), densidad aparente y resistencia mecánica con penetrómetro. Se observó la evolución de las variables estructurales de la pastura y a los 120 días se midió la cobertura alcanzada por las malezas y la fitomasa aérea forrajera; y en raíces el peso seco, longitud y diámetro en 40 plantas de cada especie. En suelo E1 hubo disminución significativa en la población de plantas de alfalfa y en su altura, mientras incrementó el número de macollos de festuca pero resultó inferior la producción total de materia aérea ($P < 0.05$). En los muestreos de 40 plantas individuales hubo diferencias entre ambos suelos en las características morfológicas, longitud y distribución por diámetros de las raíces. La longitud total tuvo alta correlación con el índice S y el contenido de carbono orgánico del suelo ($r = -0.85$, $P < 0.07$ y $r = 0.75$, $P < 0.10$, respectivamente). La densidad aparente del suelo E1 estuvo más fuertemente asociada con la longitud de las raíces de diámetro 2mm de festuca ($r = 0.70$, $P < 0.15$). Esta propiedad edáfica y la resistencia a la penetración correlacionaron positivamente con la proporción del aérea en malezas ($r = 0.45$, $P < 0.05$ y $r = 0.40$, $P < 0.001$) en el suelo E1. El estado del suelo incidió sobre el establecimiento de la pastura, limitando el desarrollo aéreo y radical de las especies consociadas, particularmente alfalfa, en la situación de mayor deterioro.

Palabras clave: Alfalfa, establecimiento, festuca, suelos degradados, variables estructurales

*E-mail: mvilche@sede.unr.edu.ar
Recibido Septiembre 16, 2000.
Aceptado Mayo 12, 2001

Introducción

La intensificación agrícola de las dos últimas décadas ha producido una elevada degradación físico-química de los suelos en la región pampeana húmeda de Argentina (Puricelli, 1991; Casas, 1998; Conti *et al.*, 1999). El retorno a los sistemas mixtos en búsqueda de la recuperación de las tierras y de mejoras en la rentabilidad exige, entre otros aspectos, una base forrajera óptima para la obtención de fitomasa suficiente. La tendencia, a largo plazo, en la productividad de fitomasa de la pastura, se modifica cuando aparecen algunos factores que afectan con persistencia el crecimiento y el rebrote a favor de una especie sobre otra, pero también cuando una especie se ve seriamente perjudicada en el estado inicial de establecimiento (Frame, 1986).

Pese a ser conocida la importancia de un establecimiento exitoso sobre la productividad y duración de las pasturas sembradas, el frecuente fracaso de las siembras en época y con semillas de calidad en suelos sometidos a manejos inapropiados (Hill *et al.* 1985, 1988), ha conducido a considerar el tema.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la condición de degradación del suelo sobre el establecimiento de una pastura consociada.

Material y Métodos

El trabajo se llevó a cabo en el área de influencia de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNR (long 60° 53' O, lat 33° 0.1' S). El clima es subhúmedo-húmedo mesotermal con escaso o nulo déficit hídrico (Cáceres, 1980).

El suelo es un Argiudol vértico, profundo, oscuro y moderadamente bien drenado, desarrollado sobre sedimento loésico. El horizonte superficial de 20 cm de espesor es de textura franco limosa con transición gradual a un B2t arcillo limoso que presenta planos de deslizamiento producidos por las fricciones internas entre agregados. El horizonte C, que se encuentra a una profundidad aproximada de 150 cm, es claro y suelto.

La condición pristina está representada por áreas reducidas cubiertas por un tapiz de gramíneas perennes que presentan características físico-químicas poco alteradas. Algunos de sus valores se incluyen como control en la Cuadro 1 (datos no publicados de los autores).

En dos lotes pertenecientes al mismo tipo de suelo, pero en diferente estado de degradación se sembró, el 20 de abril de 1998, una pastura integrada por *Festuca arundinacea* cv "El Palenque INTA" y *Medicago sativa* cv "CUF 101" (grupo sin latencia invernal), con una densidad de 6 y 12 kg/ha, respectivamente. Las labranzas se realizaron con implementos de discos y dientes, efectuándose la siembra en líneas distanciadas a 17.5 cm.

Para ambas situaciones, en el horizonte superficial se determinaron con cinco repeticiones, el carbono orgánico, por el método de Walkley y Black (Nelson y Sommers, en

Cuadro 1. Caracterización de los estados edáficos

Característica	E1 ¹	E2	Condición pristina
CO ² (%)	1.34 ^c	2.15 ^b	3.95 ^a
Índice S ³	11.50 ^a	4.75 ^b	0.92 ^c
DA ⁴ (g/cm ³)	1.30 ^a	1.19 ^b	1.01 ^c
RP ⁵ (MPa)	1.45 ^a	0.18 ^b	---
Humedad (%)	20.10	23.00	---

Cifras medias con letras distintas en la misma línea difieren ($P < 0.05$).

¹El estado 1 (E1) presenta mayor grado de deterioro edáfico que el estado 2 (E2).

²CO = carbono orgánico.

³Cuanto más alto es el valor del índice S menor es la estabilidad de la estructura.

⁴DA = densidad aparente.

⁵RP = resistencia a la penetración.

Sparks 1996); la inestabilidad de la estructura, por el índice S (Henin *et al.*, 1972); la densidad aparente, por el método del cilindro; la humedad presente, por gravimetría; y la resistencia a la penetración, por medio de un penetrómetro de resorte (ángulo de cono de 30°).

En las mismas, desde la siembra hasta los 120 días, se realizaron mediciones semanales, a partir de la primera observación que se efectuó a los 13 días, del número de individuos de ambas especies, del número de los macollos de festuca, altura de los tallos de alfalfa y altura del dosel de la gramínea (Rhodes, 1981). Se estimó también la cobertura de las malezas presentes en el tapiz.

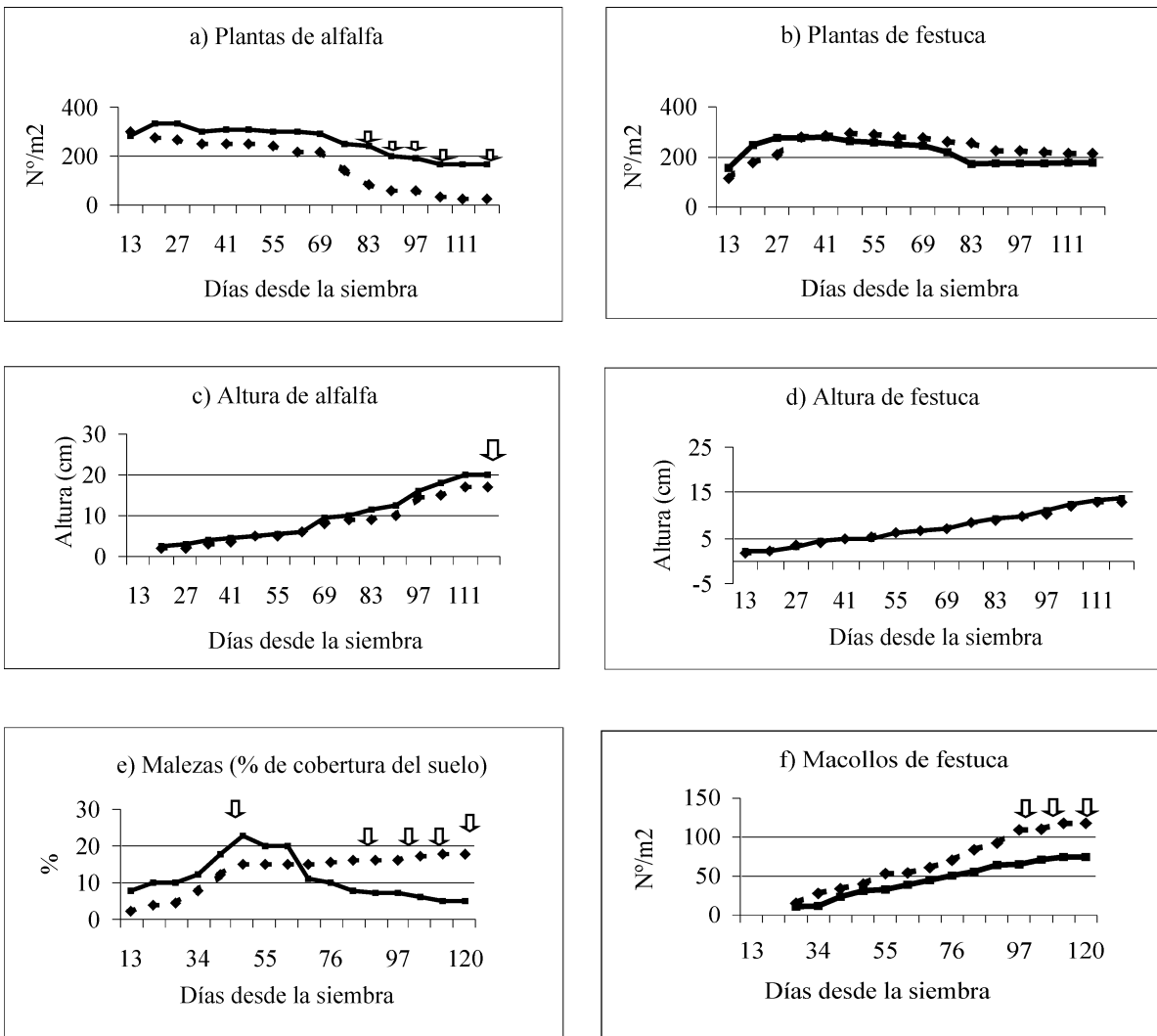
A los 120 días se extrajeron en cuatro sitios de cada lote, monolitos de suelo de 25 x 25 x 15 cm de los cuales se recogieron 40 plantas por especie para su descripción aérea y radical. Se midieron el número y la altura de los individuos más el peso seco (48 h a 70°C) de la fitomasa aérea. En raíces se estimó, por el método de Tennant (1975), la longitud de las mismas clasificándolas por el diámetro (0.1, 1, 2, 3 y 5mm en 80 intersecciones elegidas al azar), determinándose además el peso seco (48 h a 70°C).

Se realizó una prueba de diferencias de medias (prueba T) para todas las variables. Los datos de las variables discretas fueron transformados por raíz cuadrada. Se utilizó un análisis de correlación por Pearson para establecer las relaciones entre las variables aéreas, radicales y edáficas (SAS Institute Inc., 1985).

Resultados y Discusión

Se determinaron dos estados de degradación edáfica, E1 y E2 (Cuadro 1). El primero presentó el mayor grado de deterioro según las propiedades evaluadas.

Parte aérea. Los análisis señalan diferencias ($P < 0.05$) para el número de plantas de alfalfa, el número de macollos de festuca y la cobertura aérea de las malezas en ambos estados del suelo (Figura 1).



Referencias: Estado 1 (línea discontinua), Estado 2 (línea continua), la flecha (⇓) indica diferencias ($P < 0.05$) entre los estados edáficos.

Figura 1. Evolución de las variables estructurales de la pastura.

La plenitud de la fase de emergencia se alcanzó a los 13 días de la siembra, no obteniéndose diferencias ($P > 0.05$) entre condiciones edáficas (Figuras 1a y 1b).

Los resultados señalan un decrecimiento en el número de plantas de alfalfa desde la siembra hasta finalizar el período de evaluación, en el suelo E1 (Figura 1a). Esto puede ser atribuido al mayor grado de ataque de “dumping off” (complejo de hongos patógenos tales como *Pythium*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Verticillium*) que presentó este tratamiento (10.7% y 3.6% para E1 y E2), ya que la máxima severidad de la enfermedad coincidió con las abundantes precipitaciones acumuladas en la superficie por la escasa infiltración que presentaba el suelo. Por

otra parte intervendría también el mayor desarrollo relativo de festuca que generó un ambiente de interferencia por sombreado, de distinta magnitud, de acuerdo a su estado de desarrollo y a la mayor velocidad inicial de crecimiento.

Festuca sólo mostró diferencias entre estados edáficos ($P < 0.05$) en el número de macollos y en el período final de la observación (Figura 1f) a favor de E1. Aún así, la producción de fitomasa acumulada de festuca, a los 120 días, presentó menor valor para E1 con respecto a E2 (115.8 vs. vs. 125.8 g/m^2), guardando una relación inversa con el número de macollos. Esto fue coincidente con lo señalado por White y Harper (1970) y Mazzanti *et al.* (1985).

La cobertura de las malezas fue superior durante los primeros 45 días en E2 (Figura 1e), pero una vez transcurrido ese período la tendencia se invierte con respecto al E1. Las correlaciones entre malezas y densidad aparente (0.45, $P < 0.05$) y resistencia a la penetración (0.48, $P < 0.001$) para ambas condiciones edáficas, indican una asociación positiva entre las variables involucradas. La situación E2 tiene características favorables para el desarrollo de las especies, lo que permitió una buena emergencia y un adecuado crecimiento. Estas condiciones serían responsables de la persistencia lograda en alfalfa, de la mayor productividad de la mezcla (264.4 y 399.5 g/m² para E1 y E2, $P < 0.05$) y como consecuencia una mayor calidad forrajera.

Raíces. No hubo diferencias entre suelos en la longitud de las raíces que consideró a ambas especies en forma conjunta.

No hubo diferencias significativas entre tratamientos para la longitud total del sistema radical de festuca y si para alfalfa ($P < 0.001$).

Se presentaron diferencias entre los suelos, para ambas forrajeras y entre ellas ($P < 0.0001$) al discriminar la longitud radical por diámetro (Cuadro 2).

Para ambos estados, las variables de suelo que presentan un alto grado de asociación con la longitud de las raíces de las dos forrajeras son, el índice S (-0.85, $P < 0.07$) que expresa la inestabilidad de la estructura; y la materia orgánica (0.75, $P < 0.10$), que incide sobre esta última propiedad (Urricariet y Lavado, 1999). Los bajos contenidos de carbono orgánico están indudablemente relacionados con el intenso uso agrícola (Taboada, 1998; González *et al.*, 1999), siendo la pérdida media anual para suelos similares en la región pampeana argentina, con 30 años de agricultura, del orden de 0.5 t/ha (Wilson *et al.*, 2000).

La elevada densidad aparente de la capa superficial del E1, condicionó la proporción de los diámetros del sistema radical de festuca y presentó una correlación positiva entre la longitud de raíces de 2 mm con la mencionada variable (0.70 $P < 0.15$). Este resultado también coincide con lo informado por Materechera *et al.* (1992) sobre la respuesta del engrosamiento de las raíces ante la impedancia mecánica, siendo *Festuca arundinacea* la que tuvo una mayor aptitud para atravesar suelos densos. El sistema radical de festuca presentó capacidad para desarrollarse en el ambiente de menores condiciones físicas y baja fertilidad, comportamiento similar a lo señalado por Shaffer *et al.* (1994).

Probablemente la compactación masiva del E1 ofrezca una red continua de poros pequeños que pueden ser más fácilmente explorados por las raíces de gramíneas que por el sistema pivotante de la alfalfa (Vilche *et al.*, 1998). El incremento de la densidad aparente y el decrecimiento de la macroporosidad, al inhibir el movimiento del aire y del agua, ha restringido el desarrollo radical de esta última forrajera y consecuentemente su crecimiento.

El E2 ofreció condiciones físico-químicas más favorables para las dos especies, pero resultó notable su incidencia en el enraizamiento de alfalfa, que desarrolló un rango más

Cuadro 2. Longitud promedio (cm) de las raíces de las plantas de festuca y alfalfa.

Longitud radical	Alfalfa		Festuca	
	E1 ¹	E2	E1	E2
Promedio por planta	18.3 ^b	43.04	347.59 ^a	458.96 ^a
Subdividido en clase por diámetro				
1mm	11.86 ^b	26.63 ^a	206.68 ^b	333.61 ^a
2mm	4.79 ^b	8.56 ^a	140.91 ^a	125.35 ^a
3mm	1.65 ^b	7.5 ^a	0	0
>3mm	0 ^b	0.35 ^a	0	0

Cifras medias por especie con letras distintas en la misma línea difieren ($P < 0.05$).

¹El estado 1 (E1) presenta mayor grado de deterioro edáfico que el estado 2 (E2).

en su morfología radical (>3mm), con un incremento del 135 % de longitud total.

Relación parte aérea/radical. En E2 para ambas especies forrajeras, el peso seco de la parte aérea correlacionó positivamente con el peso seco radical (0.46 $P < 0.07$). En cambio, en E1 esta relación fue negativa (-0.53, $P < 0.07$), lo cual se explicaría por la escasa producción de fitomasa aérea respecto a la radical.

Si bien la producción de materia seca aérea y radical de la pastura depende, indudablemente, de la suma de diversos factores y todos ellos no fueron aquí evaluados, es conveniente destacar que la captación de nutrientes y el intercambio gaseoso está más fuertemente relacionado con la longitud de las raíces que con su peso seco (Shaffer *et al.*, 1994).

En resumidas cuentas, el estado del suelo incidió sobre el establecimiento de la pastura, limitando el desarrollo radical y aéreo de las especies constitutivas, particularmente alfalfa, en la situación de mayor deterioro.

Literatura Citada

- Cáceres, L. 1980. Caracterización climática de la Provincia de Santa Fe. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Suelos y Aguas. Provincia de Santa Fe. Argentina. pp 35.
- Casas, R. 1998. Causas y evidencias de la degradación de los suelos en la Región Pampeana. *In:* Hacia una agricultura productiva y sostenible en la pampa. Harvard University. Rockefeller Center for Latin American Studies. Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica. Buenos Aires. Cap. 5:99-129.
- Conti, M. E., D. Cosentino y L. Giuffrè. 1999. Efecto de la intensidad de uso agrícola en Argiudoles vérticos (Entre Ríos, Argentina). Cambios en algunas propiedades físicas y químicas. XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Temuco. Chile. pp 47.
- Frame, J. 1986. The production and quality potencial of four forage legumes sown alone and combined in various associations. *Crop Sci. Res.* 25(1):103.
- González, M.G., M. E. Conti, G. Moreno y H. Svartz. 2000. Efecto del uso agrícola sobre algunas propiedades físico-químicas y químicas en suelos vérticos de Entre Ríos. *Rev. Fac. Agron.* 20(1):117.
- Henin, S., R. Gras, y G. Monnier. 1972. El perfil cultural. El estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas. Mundi Prensa. Madrid. 342 p.

- Hill, M. and A. Gleeson. 1988. Competition among seedling of phalaris, subterranean clover and white clover in dialle replacement series mixture. *Grass Forrage Sci.* 43:411.
- Hill, M., C. Pearson, and A. Kirby. 1985. Germination and seedling growth of prairie grass, tall fescue and italian rye grass at different temperature. *Aust. J. Agric. Res.* 36:13.
- Materchera, S. A., A. M. Alston, J. M. Kirby, and A. R. Dexter. 1992. Influence of root diameter on the penetration of seminal roots into a compacted subsoil. *Plant and Soil* 144: 297.
- Mazzanti, A., J. C. Arosteguy, E. P. González y R. O. Refi. 1985. Efecto de la intensidad de pastoreo en verano y del nivel de fertilidad sobre la densidad de macollos de cultivares de *Festuca arundinacea* Schreb. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 5(11-12):691.
- Puricelli, C. A. 1991. Producción de carne en zona mixta: rotación y conservación de suelos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 11(2):249.
- Rhodes, I. 1981. Canopy structure. *Sward Measurement Handbook*. Br. Grassl. Soc. pp.141-158.
- SAS Institute Inc. 1985. *SAS/STAT User's Guide*. Statistics. Version 5, Cary, NC.
- Shaffer, J. A., G. A. Jung, and U. R. Nareem. 1994. Root and shoot characteristics of prairie grass compared to tall fescue and smooth brome grass during establishment. *N. Z., J. Agric. Res.* 37:143.
- Sparks, D. L. 1996. *Methods of Soils Analysis*. Part 3. Chemicals Methods. SSSA Book Series 5. SSSA- ASA. Madison, WI.
- Taboada, M. 1998. Compactación superficial causada por la siembra directa y regeneración estructural en suelos franco limosos pampeanos. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Relato. pp. 36
- Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecol.* 63: 995.
- Vilche, M. S., B. Martín, S. Montico, G. Zerpa y O. Sosa. 1998. Sistemas de raíces en pasturas. III Congreso Rosarino y XVIII Reunión Anual. Sociedad de Biología de Rosario, Argentina. p. 121 (Resumen).
- Urricariet, S. y R. Lavado. 1999. Indicadores de deterioro en suelos de la pampa ondulada. *Ciencia del Suelo.* 17(1):37.
- White, J. and J. L. Harper. 1970. Correlated change in plant size and number in plant populations. *J. Ecol.* 50:467.
- Wilson, M., C. Quintero, N. Boschetti, R. Benavidez y W. Mancuso. 2000. Evaluación de atributos del suelo para su utilización como indicadores de calidad y sostenibilidad en Entre Ríos. *Rev. Fac. Agron.* 20(1):23.