

Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 103 (2), 1998

Distribución de raíces en pastizales naturales y pasturas cultivadas de La Pampa Deprimida Bonaerense y su relación con la biomasa forrajera

O. E. ANSÍN, E. M. OYHAMBURU, E. A. HOFFMANN,
M. C. VECCHIO & M. C. FERRAGINE

Cátedra de Forrajicultura y Praticultura, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, CC 31, (1900) La Plata, Argentina

ANSÍN, O. E., E. M. OYHAMBURU, E. A. HOFFMANN, M. C. VECCHIO & M. C. FERRAGINE. 1998. Distribución de raíces en pastizales naturales y pasturas cultivadas de La Pampa Deprimida Bonaerense y su relación con la biomasa forrajera. Rev. Fac. Agron., La Plata 103 (2): 141-148.

Para desarrollar modelos que permitan un adecuado manejo de la producción vegetal es necesario el estudio del crecimiento de las raíces como parte del funcionamiento del sistema productivo. Las posibilidades de distribución de las raíces en el suelo, sean éstas de una especie nativa o de una exótica, dependen de las resistencias mecánicas que encuentren para elongarse y sus comportamientos serían determinantes de las diferentes producciones de biomasa aérea entre un pastizal y una pastura cultivada. Los objetivos del presente estudio fueron determinar, en cada estación climática, las forrajizas de un pastizal natural, compuesto principalmente por pelo de chancho (*Distichlis scoparia* Kunth y *D. spicata* L.) y pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir.), y de una pastura implantada, compuesta por agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum* Podp.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.), y relacionarlas a la distribución de las raíces, en un suelo Natracualf de la Pampa Deprimida Bonaerense. La materia seca aérea del pastizal y la pastura se obtuvo cortando y secando, en ambas situaciones, 10 muestras rectangulares de 0,5 m² distribuidas al azar. La densidad radical se estimó extrayendo muestras cilíndricas a 0-5; 5-15; 15-25 y 25-35 cm de profundidad, en las mismas estaciones de muestreo de la biomasa aérea. Se determinó una mayor biomasa aérea de la pastura de agropiro en invierno y en primavera, respecto al pastizal. Las diferencias se correspondieron con la mayor densidad de biomasa radical a 0-5 cm de profundidad. A diferencia de lo que ocurrió en la pastura, a medida que aumentó la profundidad, fue mayor la correlación encontrada entre la densidad radical y la forrajiza del pastizal.

Palabras clave: pastizales naturales, distribución radical, biomasa radical, forraje, pasturas.

ANSÍN, O. E., E. M. OYHAMBURU, E. A. HOFFMANN, M. C. VECCHIO & M. C. FERRAGINE. 1998. Relationship between roots growth and forage biomass of native and cultivated grasslands of the flooding Pampa (Argentina). Fac. Agron., La Plata 103 (2): 141-148.

In order to get correct vegetal production management it is necessary to study root growth as a component of the productive system. In native and cultivate grassland soils, root growth possibilities depends on the mechanic resistances they found for elongation. The objectives of this research were to determine seasonal density of root biomass of both native, with salt grass (*Distichlis scoparia* Kunth y *D. spicata* L.) and dallisgrass (*Paspalum dilatatum* Poir.) as major contributors, and cultivate grasslands with tall wheatgrass (*Thinopyrum ponticum* Podp.) and white clover (*Trifolium repens* L.) in a Natracualf soil of the Flooding Pampa and their relationship to biomass forage. In each treatment, native and cultivate grassland, 10 samples of 0.5 m² were extracted and aboveground dry matter was estimated. In order to assess root biomass and its vertical density distribution samples were taken, by a cylindrical technique, from 4 layers 0-5, 5-15, 15-25 and 25-35 cm. A greater winter and spring tall wheatgrass biomass forage than native grassland biomass was determined. Differences are according to the greater 0-5 cm deep root biomass. Unlike cultivate grassland, the greater the studied depth the greater the correlations between roots density and forage biomass were in native grassland.

Key words: native grasslands, roots growth, roots biomass, forage, cultivate grasslands.

Recibido: 10/08/97. Aceptado: 05/08/99.

INTRODUCCIÓN

La Pampa Deprimida, en la Provincia de Buenos Aires, es una vasta región ganadera caracterizada por su heterogeneidad ambiental, con períodos de inundaciones invierno-primaverales y sequías estivales, que provoca variaciones en el uso de sus pastizales naturales. La oferta de forraje presenta un déficit en el invierno. Por este motivo, los productores implantan pasturas perennes tratando de cubrir esa necesidad (Ansín, 1995).

Esos intentos de aumentar la receptividad se ven obstaculizados por la falta de adaptación a la región del germoplasma forrajero utilizado y por la insuficiente información sobre muchos aspectos del funcionamiento de los sistemas pastoriles (Ansín, 1995; Deregibus, 1983; Soriano, 1988). Así, es frecuente el reemplazo de los pastizales de la Pampa Deprimida por pasturas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum* Podp.) (Hidalgo *et al.*, 1989; Maddaloni, 1986). Sin embargo, después de unos pocos años de sembradas, las plantas de agropiro tienden a disminuir y aún a desaparecer, siendo el terreno progresivamente dominado por especies nativas (Oosterheld & León, 1987). Este comportamiento de las pasturas podría estar asociado a las posibilidades de distribución de las raíces, que dependen de las resistencias mecánicas que encuentren para elongarse en el suelo (Whiteley & Dexter, 1981; Whiteley *et al.*, 1982). Esas resistencias estarían dadas, entre otras causas, por la compactación del horizonte Bt que limita la elongación de las raíces a través del perfil (Malhi *et al.*, 1992; Szabolcs, 1988) y cuya presencia es común en los suelos de la Pampa Deprimida bonaerense (Salazar Lea Plaza & Moscatelli, 1989). De manera que, cuando se evalúa la productividad de los sistemas pastoriles, sea de un pastizal o de una pastura implantada, es primordial considerar la producción forrajera asociada, entre otros aspectos, al crecimiento radical de las especies (Lynch, 1984).

Por otra parte, si bien en la Pampa Deprimida no se cuenta con datos sobre la distribución radical ni respecto a la biomasa subterránea estratificada del pastizal, se conoce que en los primeros 10 cm de profundidad del suelo las comunidades herbáceas nativas de pastizales templados de otras regiones del mundo producen más biomasa subterránea que las implantadas (Dormaar *et al.* 1995; Kotanska, 1967; 1975; Smoliak *et al.*, 1967). Además, la mayor inercia que la biomasa subterránea presenta respecto a la aérea, permite que las especies nativas se manifiesten en un mayor equilibrio con el medio ambiente en el cual se desarrollan (Gómez Gutiérrez *et al.*, 1989; Rodríguez *et al.*, 1987).

De acuerdo a los antecedentes mencionados y al concepto de que para desarrollar modelos que permitan un adecuado manejo de la producción vegetal es necesario el estudio del crecimiento de las raíces como parte del funcionamiento del sistema productivo (Klepper *et al.*, 1983), se planteó la siguiente hipótesis: La capacidad de distribución profunda de las raíces en las comunidades forrajeras nativas de los pastizales de la Pampa Deprimida, es mayor que en las comunidades cultivadas. Este comportamiento determinaría que, a diferencia de los pastizales, el forraje de las pasturas cultivadas esté principalmente asociado con la distribución radical en los horizontes superficiales.

Para probar la hipótesis los objetivos fueron: estudiar en la Pampa Deprimida bonaerense las forrajimisas aéreas estacionales de un pastizal natural y una pastura cultivada, y relacionarlas con las densidades radicales determinadas en distintos estratos del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se llevó a cabo en un establecimiento dedicado a la cría de vacunos, cercano a la localidad de Ferrari (Partido de Magdalena, Provincia de Buenos Aires, 35° 06'

S, 57° 40' W). El pastizal, identificado como perteneciente a la comunidad vegetal G (León *et al.*, 1979), estaba integrado principalmente por *Distichlis scoparia* (Kunth), *D. spicata* (L.), *Lolium multiflorum* (Lam.), *Paspalum dilatatum* (Poir.), *P. vaginatum* (Sw.), *Stenotaphrum secundatum* (Walt.) y, en menor proporción por *Bothriochloa laguroides* (DC.), *Lotus tenuis* (Waldst. et Kit) y *Melilotus indicus* (L.). Los stands de esta comunidad vegetan sobre un suelo clasificado taxonómicamente como Natracualf, no salino, con limitaciones severas de alcalinidad desde superficie, de lenta permeabilidad y pobremente drenado. Posee un horizonte superficial A/B muy delgado (10 cm de espesor), de textura franco-arcillo-limosa y desprovisto de materia orgánica, y un horizonte subsuperficial Bt (45 cm de espesor), de textura arcillosa y con menos del 15% de Na. En el verano la napa freática se encuentra aproximadamente a 1,40 m de profundidad, mientras que en el invierno y la primavera, se manifiesta una segunda napa fluctuante en los horizontes superficiales del suelo. Durante los períodos de intensas lluvias, las dos napas se presentan unidas.

En el otoño de 1990 se implantaron 2 pasturas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum* Podp.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.) que ocuparon la mitad de las superficies de 2 potreros de 12 ha cada uno, generándose 2 tratamientos, pastizal y pastura, con 2 repeticiones. La densidad de siembra utilizada fue de 25 kg.ha⁻¹ de agropiro y 1 kg.ha⁻¹ de trébol blanco. Previo a la siembra, los potreros habían sido preparados con una rastra de discos.

De acuerdo a la disponibilidad forrajera, ambos tratamientos, pastizal y pastura, fueron sometidos a pulsos de pastoreo y descansos controlados. Para ello, se utilizaron vaquillonas Aberdeen Angus y se delimitó el terreno con alambrados eléctricos. Cada potrero se pastoreó 5 veces al año, 34 días en total, con una carga animal promedio de 0,7 EV.ha⁻¹. año⁻¹, con cargas instantáneas que variaron

entre 2 y 5 EV.ha⁻¹.día⁻¹. Las equivalencias ganaderas utilizadas fueron calculadas de acuerdo a las tablas de la AACREA (Cocimano *et al.*, 1983).

En los 2 tratamientos, desde 1992 a 1994, en febrero, mayo, agosto y noviembre, coincidiendo con cada estación climática, se estimó la biomasa aérea expresándola como materia seca aérea (MSA). Las evaluaciones se realizaron antes de cada pastoreo, a través de 10 muestras rectangulares de 0,5 m² por tratamiento, tomadas al azar. El forraje cosechado se llevó a estufa a 80 °C hasta peso constante. Simultáneamente, la distribución vertical de las raíces se estimó mediante la densidad radical (DR), expresándola en g.dm⁻³. Las valoraciones se realizaron midiendo la biomasa subterránea mediante la técnica de muestreo de cilindro y barreno (Köpke, 1981), ubicándose 10 calicatas por tratamiento en las mismas estaciones de muestreo de la MSA. En cada calicata, se obtuvieron muestras en 4 rangos de profundidad, 0-5; 5-15; 15-25 y 25-35 cm. En el primer rango, se utilizó un barreno de 5 cm de longitud y 5 cm de diámetro, cuyo eje longitudinal, al extraer las muestras, fue ubicado en forma perpendicular a la superficie del terreno. En los 3 rangos siguientes, con el objeto de favorecer la extracción de raíces, cuya presencia disminuye en profundidad, se empleó un barreno de 14 cm de longitud y 2 cm de diámetro, ubicando su eje longitudinal en forma paralela a la superficie del terreno a 10; 20 y 30 cm de profundidad respectivamente. Las muestras extraídas se mantuvieron en remojo en un tanque con agua por un tiempo de 3 hs. Posteriormente, cada muestra se tamizó por una malla tejida de 0,2 mm de trama y se lavó con agua corriente hasta separar totalmente las partículas del suelo adheridas a las raíces. Estas, una vez limpias, se colocaron en estufa a 80 °C hasta peso constante.

Los valores de MSA obtenidos se compararon entre tratamientos. Asimismo, se efectuaron las comparaciones entre las DR esti-

madras para cada rango de profundidad y se analizaron las DR promedio estimadas para el total del perfil estudiado. Todos los datos fueron evaluados estadísticamente mediante el análisis de la varianza y, una vez comprobadas las significancias de las diferencias observadas, se compararon los promedios mediante el test de Tukey (Steel & Torrie, 1990). Además, considerando que la MSA de las situaciones estudiadas presentaría variaciones en las distintas estaciones climáticas, que podrían estar relacionadas con la DR, se utilizó el análisis de regresión simple (Li, 1968) para correlacionar las variables de cada tratamiento.

Por otra parte, teniendo en cuenta que en los pastizales únicamente el 17% de la biomasa radical se encuentra por debajo de los 30 cm de profundidad (Schulze *et al.*, 1996) y con el propósito de estimar la posible existencia de una distribución radical vertical diferente en cada tratamiento, que según Sheley & Larson (1995) estaría determinada por la variación florística y su interacción con las condiciones del suelo, se calcularon las proporciones de las densidades radicales (PDR) en cada rango de profundidad. En este caso, el análisis estadístico se realizó comparando las PDR de la pastura y el pastizal mediante el test de Ji cuadrado (Lison, 1976).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de MSA, DR y PDR hallados en cada estación climática durante el período del ensayo no mostraron diferencias anuales ($p > 0,01$), por lo que se presentan los promedios de los tres años estudiados.

En las Tablas 1 y 2 se indican, respectivamente, los promedios estacionales de las MSA y DR de la pastura y del pastizal. La MSA de la pastura fue significativamente mayor en invierno ($p < 0,01$) y en primavera ($p < 0,05$) que la del pastizal. Estas diferencias se correspondieron con las mayores DR a 0-5 cm de profundidad y promedio del perfil alcanzadas, en ambas estaciones climáticas, por la pastura (Tabla 2).

La mayor DR determinada en la pastura no coincide con los estudios realizados por Dormaar *et al.* (1995), quienes establecieron que la biomasa radical de un pastizal en los primeros 7,5 cm de profundidad fue mayor que la biomasa de una pastura. Sin embargo, dichos valores los obtuvieron en suelos que habían aumentado su densidad aparente tras 15 años de pasturas continuas.

La correlación lineal entre la DR promedio estacional del perfil, estimada a partir de los cuatro rangos de profundidad, y la MSA estacional, evidenció que ambos sistemas,

Tabla 1. Materia seca aérea (MSA) de la pastura y del pastizal. Promedios estacionales (\pm de) desde 1992 a 1994.

Aboveground dry matter of both cultivate and native grasslands. Seasonal mean (\pm sd) between 1992 and 1994.

	Materia seca aérea (kg.ha ⁻¹)			
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Pastura	1890 \pm 328	2635 \pm 316	3282 \pm 405**	3431 \pm 425*
Pastizal	2010 \pm 294	2355 \pm 307	1876 \pm 274	2566 \pm 321

En cada estación climática, los valores de MSA seguidos de asteriscos difieren significativamente entre tratamientos: ** ($p < 0,01$) y * ($p < 0,05$).

Tabla 2. Densidad radical (DR) de la pastura y del pastizal. Promedios estacionales (\pm de) desde 1992 a 1994.

Root biomass density of both cultivate and native grasslands. Seasonal mean (\pm sd) between 1992 and 1994.

Profundidad (cm)	Densidad radical (g.dm ⁻³)							
	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Pastura	Pastizal	Pastura	Pastizal	Pastura	Pastizal	Pastura	Pastizal
0-5	7,9 \pm 2,1	6,5 \pm 1,8	6,1 \pm 1,8	6,1 \pm 1,9	9,4 \pm 2,0**	4,5 \pm 1,6	10,8 \pm 2,2*	8,5 \pm 1,9
5-15	3,6 \pm 0,6	2,5 \pm 0,6	3,3 \pm 0,5	2,9 \pm 0,6	3,2 \pm 0,5	2,3 \pm 0,4	6,1 \pm 1,9	6,1 \pm 1,7
15-25	3,0 \pm 0,4	2,1 \pm 0,7	2,4 \pm 0,7	2,8 \pm 0,6	2,7 \pm 0,5	1,8 \pm 0,5	5,5 \pm 0,7	4,4 \pm 0,7
25-35	2,0 \pm 0,5	1,5 \pm 0,5	2,1 \pm 0,7	2,7 \pm 0,8	2,0 \pm 0,6	1,0 \pm 0,4	4,6 \pm 0,7	4,1 \pm 0,6
Promedio del perfil	3,6 \pm 0,7	2,7 \pm 0,8	3,1 \pm 0,8	3,3 \pm 0,8	3,7 \pm 0,8**	2,1 \pm 0,6	6,3 \pm 0,9*	5,1 \pm 0,9

En cada estación climática y profundidad, los valores de DR seguidos de asteriscos difieren significativamente entre tratamientos: ** (p<0,01) y * (p<0,05).

pastura y pastizal, presentaban un elevado R; 0,79 y 0,88 respectivamente (p<0,01). Sin embargo, cuando se evaluó por profundidades los sistemas presentaron comportamientos diferenciales. Así, mientras que en la pastura la correlación más alta fue la encontrada en el rango 0-5 cm de profundidad, en el pastizal a medida que aumentó la profundidad estudiada, mayores fueron las correlaciones

encontradas (Tabla 3).

Cuando se compararon las PDR anuales (Figura 1), se observó que en los dos tratamientos las mayores proporciones de raíces estuvieron ubicados en los 5 cm iniciales de profundidad y que fueron significativamente mayores (p<0,05) en la pastura que en el pastizal. Los valores obtenidos en ese rango superaron el 40%. Si bien no alcanzaron a los

Tabla 3. Coeficientes de correlación lineal entre las densidades radicales (DR), en cada rango profundidad, y la materia seca aérea (MSA) de la pastura y del pastizal.

Correlations between root density and aboveground biomass, at each depth, of both cultivate and native grasslands

Profundidad (cm)	Valores de R (p<0,01)	
	Pastura	Pastizal
0-5	0,99	0,84
5-15	0,64	0,85
15-25	0,72	0,95
25-35	0,65	0,99
Promedio del perfil	0,79	0,88

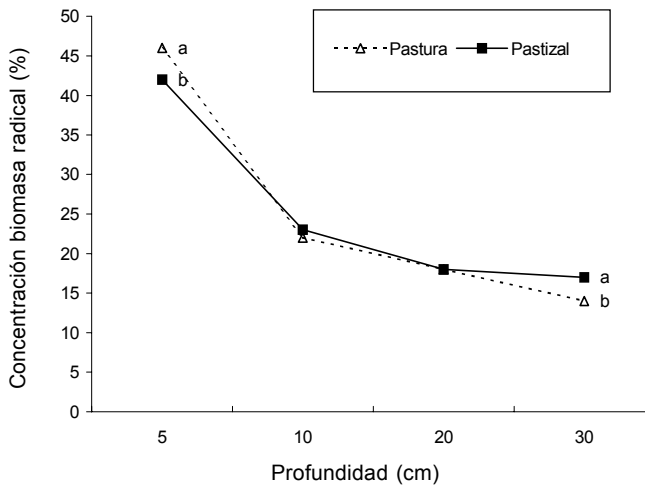


Figura 1. Variaciones proporcionales de las densidades radicales (PDR) del pastizal (—) y de la pastura (- - -), expresadas como promedios anuales desde 1992 a 1994. Medias con letras distintas difieren ($p < 0,05$) entre tratamientos.

Proportional variation of root density, annual mean between 1992 and 1994, of both native (—) and cultivate grasslands (- - -). Values followed by different letters within each level are significantly different $p < 0,05$.

establecidos por Kotanska (1975), quien expresa que el 70-80% de la biomasa subterránea está ubicada en los primeros 5 cm del suelo, coincidirían con los estimados por Schultze *et al.* (1996) quienes sostienen que el 83% de la biomasa radical de los pastizales templados se encuentra en los primeros 30 cm de profundidad.

Al aumentar la profundidad, a 10 y 20 cm, si bien las PDR disminuyeron no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la pastura y el pastizal. Por el contrario, a los 30 cm de profundidad la PDR determinada en el pastizal fue mayor ($p < 0,05$) que en la pastura.

Las mayores correlaciones entre DR y MSA encontradas en el pastizal estarían relacionadas con la mayor inercia que la biomasa subterránea tiene respecto a la aérea que, según Rodríguez *et al.* (1987), sería más preponderante en los pastizales que en las pasturas permitiendo, así, un mayor equilibrio con el medio ambiente y una producción sostenida en el tiempo. Este enfoque sucesional co-

incidiría con el efectuado por León & Oosterheld (1982) quienes afirman que en el norte de la Pampa Deprimida, a partir de los dos años de implantación las especies inicialmente sembradas en una pastura van perdiendo importancia y son progresivamente reemplazadas por la comunidad natural.

Las diferencias en las PDR observadas entre la pastura y el pastizal, en las distintas profundidades del suelo, coinciden con lo expresado por Kotanska (1967) y Sheley & Larson (1995) quienes afirman que la distribución de la biomasa radical difiere en función de la composición botánica y su interacción con el suelo. En el caso particular del pastizal, la mayor diversidad florística determinaría, de acuerdo al criterio de Odum (1969) y McNaughton (1977), una mayor estabilidad del sistema. Esa estabilidad estaría asociada a la existencia de un mayor número de especies capaces de encontrar condiciones apropiadas para su crecimiento, aún en las particulares condiciones edáficas de la Pampa Deprimida

(León & Oesterheld, 1982). Así, en este ensayo, la presencia del compacto horizonte Bt ofrecería menores impedimentos a la distribución de las raíces de las especies nativas del pastizal.

De acuerdo al supuesto anterior, la mayor PDR determinada en el pastizal en los horizontes más profundos evidenciaría la mejor capacidad de las especies nativas para desarrollarse en ambientes como el estudiado y superar las resistencias mecánicas, que según Whiteley & Dexter (1981), Whiteley *et al.* (1982) y Lynch (1984) ofrece el suelo. Asimismo, estaría relacionada, de acuerdo a Gómez Gutiérrez *et al.* (1989), a la producción continua que ofrecen los sistemas naturales. Según lo expresado por dichos autores, las biomasa aérea y subterránea de los pastizales que sufren estrés hídrico en el verano, están relacionadas al gradiente de humedad edáfica. De tal manera, en la Pampa Deprimida, y en este ensayo en particular, el desarrollo profundo del sistema radical del pastizal estaría asociado a la presencia de *D. spicata*, *B. laguroides* y *P. dilatatum*, especies nativas con capacidad de regular las situaciones de estrés por sequía estival o anegamiento primaveral (Sala *et al.*, 1981), aptitud que implicaría una ventaja sobre aquellas pasturas cultivadas con especies cuyas raíces prosperan superficialmente y deben ser frecuentemente reemplazadas.

CONCLUSIONES

En este ensayo, ubicado en Pampa Deprimida y realizado sobre un suelo Natracuaf, la biomasa aérea de una pastura integrada por agropiro alargado y trébol blanco, especies forrajeras exóticas, presentó una alta correlación con la distribución superficial de sus raíces. Por el contrario, el pastizal natural estudiado no sólo presentó una alta correlación de su biomasa aérea con la distribución superficial de sus raíces, sino que también la mani-

festó en todas las profundidades analizadas. Estas evidencias sugieren que, los diferentes comportamientos manifestados estarían determinados por la mayor capacidad de distribución en el suelo nativo que poseerían las raíces de las especies indígenas, respecto a las exóticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Ansín, O.E.** 1995. Pastoreo de comunidades halomórficas de la Pampa Deprimida. M.Sc. Tesis. Escuela para graduados, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. 141 pp.
- Cocimano, M. R., A. Lange, E. Menvielle & M. López.** 1983. Equivalencias ganaderas para vacunos de carne y ovinos. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA). 34 pp.
- Deregibus, V. A.** 1983. Pastizales de la Depresión del Salado: su utilización basada en conceptos ecológicos. Revista de Investigación Agraria XVII:47-48.
- Dormaar, J. F., M. A. Naeth, W. D. Willms & D. S. Chanasyk.** 1995. Effect of native prairie, crested wheatgrass (*Agropyron cristatum* (L.) Gaertn.) and Russian wildrye (*Elymus junceus* Fisch.) on soil chemical properties. Journal of Range Management 48(3):258-263.
- Gómez Gutiérrez, J. M., I. Barrera Mellado & B. Fernández Santos.** 1989. Fitomasa subterránea en pastizales semiáridos de dehesa. Estudio comparativo de cuatro transecciones. Pastos 18-19(1-2):95-107.
- Hidalgo, L. G., M. A. Cauhépe & P. O. Rimoldi.** 1989. Productividad primaria de una pastura de agropiro (*Elytrigia elongata*) y de una comunidad de pastizal natural, en condición similar de ambiente y manejo. Revista Argentina de Producción Animal 9:39-40.
- Klepper, B., R. W. Rickman & H. M. Taylor.** 1983. Farm management and the function of field crop root systems. Agricultural Water Management 7:115-141.
- Köpke, U.** 1981. A comparison of Methods for Measuring Root Growth of Field Crops. Z. Adker und Pflanzenbau (Journal Agronomy & Crop Science) 150:39-49.
- Kotanska, M.** 1967. Biomass Dynamics of Underground Plant Organs in Some Grassland Communities of the Ojców National Park. Bulletin de L'Académie Polonaise des Sciences, Série des sciences biologiques 15(10):

625-631.

- Kotanska, M.** 1975. Primary Productivity in the Meadow of the *Hieracio-Nardetum strictae* Association in the Gorce Mountains (Southern Poland). Bulletin de L'Académie Polonaise des Sciences, Série des sciences biologiques 22(9): 623-627.
- León, R. J. C. & M. Oesterheld.** 1982. Envejecimiento de pasturas implantadas en el norte de la Depresión del Salado. Un enfoque sucesional. Revista de la Facultad de Agronomía UBA (3): 41-49.
- León, R. J. C., S. E. Burkart & C. P. Movia.** 1979. Relevamiento Fitosociológico del pastizal del norte de la Depresión del Salado. Vegetación de la República Argentina, Serie Fitogeográfica N° 17 INTA. 90 pp.
- Lí Ch. Ch.** 1968. Introducción a la estadística experimental. Ed. Omega, Barcelona, España. 224 pp.
- Lison L.** 1976. Estadística aplicada a la biología experimental. EUDEBA, Bs.As., Argentina. 357 pp.
- Lynch J. M.** 1984. Interactions between biological processes, cultivation and soil structure. Plant and Soil 76:307-318.
- McNaughton S. J.** 1977. Diversity and stability of ecological communities: A comment on the role of empiricism in ecology. American Nature 111(979): 515-525.
- Maddaloni J.** 1986. Forage production on saline and alkaline soils in the humid region of Argentina. Reclamation and Revegetation Research 5: 11-16.
- Malhi S. S., D. W. Mc Andrew & M. R. Carter.** 1992. Effect of tillage and N fertilization of a Solonchic soil on barley production and some soil properties. Soil Tillage Research 22: 95-107.
- Odum E.P.** 1969. The strategy of ecosystem development. Science 164: 262-270.
- Oesterheld M. & R. J. C León.** 1987. El envejecimiento de las pasturas implantadas: su efecto sobre la productividad primaria. Turrialba 37: 29-35.
- Rodríguez M. A., J. Alvarez, M. R. Pascual & A. Gómez Sal.** 1987. Variaciones en la estructura aérea y subterránea de pastos de montaña según el grado de aprovechamiento. Pastos 17(1-2): 347-361.
- Sala O., A. Soriano & S. Perelman.** 1981. Relaciones hídricas de algunos componentes de un pastizal de la Depresión del Salado. Revista de la Facultad de Agronomía UBA 2(1): 1-10.
- Salazar Lea Plaza, J. C. & G. Moscatelli.** 1989. Mapa de suelos de la Provincia de Buenos Aires. SAG y P - INTA, Buenos Aires. 525 pp.
- Schulze, E. D., H. A. Mooney, O. E. Sala, E. Jobbagy, N. Buchmann, G. Bauer, J. Canadell, R. B. Jackson, J. Lorete, M. Oesterheld & J. R. Ehleringer.** 1996. Rooting depth, water availability, and vegetation cover along an aridity gradient in Patagonia. Oecología 108: 503-511.
- Sheley R. L. & L. L. Larson.** 1995. Interface between cheatgrass and yellow starthistle at 3 soil depths. Journal of Range Management 48(5): 392-397.
- Smoliak, S., A. Johnston & L. E. Lutwick.** 1967. Productivity and durability of crested whetgrass in southeastern Alberta. Canadian Journal Plant Science 47:539-547.
- Soriano, A.** 1988. El pastoreo como disturbio: consecuencias estructurales y funcionales. Ciencia e investigación 42:132-139.
- Steel R.G.D. & J.H. Torrie.** 1990. Bioestadística: Principios y procedimientos. Ed. Mc Graw Hill Latinoamericana S.A., 2da. ed. (1ra. en español), México. 622 pp.
- Szabolcs, I.** 1988. Solonetz soils. Proceedings of International Symposium on Solonetz Soils. Osijek, Yugoslavia. pp. 9-25.
- Whiteley, G. M. & A. R. Dexter.** 1981. Elastic response of the roots of field crops. Physiology Plant 51: 407-417.
- Whiteley, G. M., J. S. Hewitt & A. R. Dexter.** 1982. The buckling of plant roots. Physiology Plant 54: 333-342.