

VII. ESTUDIOS DE SISTEMAS RADICALES DE GRAMILLA Y ESPECIES FORRAJERAS SEMBRADAS EN DIRECTA Y CON PREPARACIÓN CONVENCIONAL DE SUELO

INTRODUCCIÓN

Trabajos que cuantifiquen características de sistemas radicales en especies forrajeras son escasos en el país y la región, el costo de mano de obra que estas determinaciones implican, explican la situación. El cambio tecnológico hacia la siembra directa que se está operando desde hace algunos años en el país, la aplicación de sistemas de siembra directa en agricultura continua, básicamente con soja, con baja frecuencia de rotaciones que integren maíz, sorgo, como especies aportantes de mayores cantidades de materia orgánica más estable al sistema, el deterioro causado por los pastoreos en sistemas lecheros, agrícola-ganaderos o ganadero- agrícolas intensivos, con cargas animales altas, de muy difícil manejo en períodos de suelo muy húmedo, las mayores necesidades de forraje de los predios intensivos, que determinan períodos de barbecho muy cortos y/o donde los volúmenes de residuos que se incorporan al suelo son excesivamente bajos porque en general se pastorean, etc., esta mostrando deterioro en la estructura de los suelos, mayor compactación superficial, menores tasas de infiltración, disminución de la macroporosidad, etc. Concomitantemente, la visualización de este deterioro, cada vez en forma más frecuente lleva a especialistas en manejo de suelos, a priorizar con más intensidad aspectos de la producción vegetal relacionados con las propiedades físicas de los suelos: como inclusión de cultivos en las rotaciones que aporten altos volúmenes de materia seca difícilmente descomponible, etc. Últimamente, también se están repriorizando estudios sobre sistemas radicales, procesos bajo el

nivel del suelo que requieren de medidas de biomasa radical y rhizodeposición, etc. En este contexto, las pasturas constituyen un elemento importante en los aportes de materia orgánica a los suelos, especialmente en los utilizados más intensivamente.

El objetivo de este trabajo radica en brindar información primaria, sobre algunos aspectos de los sistemas radicales de especies forrajeras sometidas a un manejo definido y en condiciones estrictamente comparativas entre ellas.

Obviamente, debe tenerse presente que la información que se reportará apenas pretende cuantificar en un momento determinado parte de la biomasa radical de las especies. Esta medida subestima totalmente los aportes de materia orgánica al suelo al no considerar varios aspectos: evolución de las tasas de formación y muerte de raíces desde la siembra al momento de muestreo; maximización de la muerte de raíces por efecto de cortes de la parte aérea; rhizodeposición, etc.

DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS

Sobre dos experimentos, detallados en el trabajo II de esta publicación, (Estudio comparativo de 13 especies sembradas con preparación convencional de suelo y en directa sobre rastrojos altos y bajos de sorgo granífero para producción de forraje), sembrados el 29/5/01 y el 9/5/02 se cuantificó en diciembre de 2001 y setiembre de 2003, para el primero número y peso seco de raíces, para el segundo solamente pesos radicales de distintas especies.

En cada especie, se muestreo mediante calador sobre el surco de siembra y al me-

dio del entresurco, 5 veces en cada situación, dentro de la parcela, en 4 bloques correspondientes a siembras con preparación convencional de suelo y 4 bloques sembrados en directa. Estos muestreos se repitieron sobre las siembras hechas sobre rastrojo bajo y alto de sorgo. La información que se presenta en este trabajo es un promedio de ambas, puesto que no se verificaron diferencias generadas por las alturas de rastrojo.

El calador utilizado, figura 1, muestreó hasta 1.5 m de profundidad y tenía un diámetro de 85 mm. El perfil de suelo extraído se cortaba cada 10 cm, figura 2, y se conta-



Figura 1. Calador de suelo de 85mm de diámetro.



ba el número de raíces en la sección. Después las muestras se colocaban en baldes con agitador y eran lavadas con agua a presión. Cada muestra era lavada y congelada varias veces. El congelado de las muestras facilitaba su limpieza, separación de las raíces de contaminación con suelo. Las raíces limpias de suelo, se recogían mediante un filtro de malla fina que impedía la pérdida de las de menor diámetro. Estas se secaban en estufa a 60°C durante 48 horas y posteriormente se determinaba su peso seco.

Sobre el final del segundo año, diciembre de 2003, se evaluó la profundidad de raíces (figura 3) de 7 especies forrajeras sembradas el 9/5/02 en directa sobre rastrojos bajos de sorgo cosechado para silo de planta entera. Se utilizaron 4 repeticiones por especie. A lo largo de cada bloque, en sentido perpendicular a los surcos de siembra, distantes 19 cm entre ellos, mediante retroexcavadora se realizaron zanjas con el objetivo de seguir a partir del nivel del suelo la trayectoria exacta en profundidad de 5 raíces pertenecientes a 5 plantas localizadas en 5 surcos de siembra diferentes, por parcela, figura 4. Este procedimiento permitió asegurar que las raíces pertenecían a las plantas de la especie forrajera sembrada.

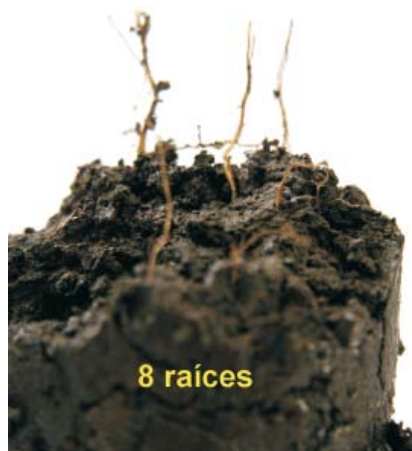


Figura 3. Una muestra de una sección a 80cm de profundidad con 8 raíces (*Cynodon dactylon*)

Figura 2. Seccionando cada 10 cm el perfil de suelo extraído, con el objetivo de cuantificar la distribución del número y peso de raíces.



Figura 4. Una muestra de una sección a 80 cm de profundidad con 8 raíces (Cynodon dactylon)

Los trabajos sobre gramilla se ejecutaron en junio, sobre tres situaciones, todas bajo esquemas de siembra directa estabilizado, con pastoreo y utilización de altas cargas animales/ha. Las praderas sembradas en directa incluían festuca + trébol blanco + alfalfa y/o lotus, teniendo 26 y 29 meses de edad. Las mismas pertenecían al sistema ganadero y lechero intensivo de La Estanzuela. La tercera situación corresponde a un graminal estabilizado, 100% de gramilla, proveniente de una pradera que había sido sembrada hace más de 10 años, utilizada con animales en forma rotativa y como pastura con piso en períodos muy húmedos. En las tres opciones se seleccio-

naron áreas que se tipificaron como de bajo, medio y alto contenido de gramilla. Las áreas clasificadas como de bajo contenido de gramilla representan la pradera con muy poca gramilla. En esta situación se asume que mayoritariamente las raíces pertenecen a las especies de la pradera. La situación con alto nivel de engramillamiento, asume que las raíces predominantes pertenecen a la gramilla y la situación de engramillamiento medio, considera una situación intermedia.

Se aplicó la misma metodología de evaluación que la descrita en los otros trabajos.

1. Profundidad de exploración radical de 7 especies forrajeras sembradas en directa

A los 581 días posteriores a la siembra, que fue en directa, se realizó la cuantificación de la profundidad de exploración, a través del seguimiento exacto de la trayectoria a través del perfil de suelo de cada raíz, seleccionada visualmente a priori, por alcanzar la mayor profundidad.

Las trayectorias para algunas especies se reportan en la figura 5-1 (Dactylis cv INIA Oberón), 5-2 (Festuca cv Estanzuela Tacuabé), 5-3 (Achicoria cv INIA Lacerta), 5-4 (Alfalfa cv Estanzuela Chaná), 5-5 (Trébol blanco cv Estanzuela Zapicán), 5-6 (Trébol rojo cv Estanzuela 116).

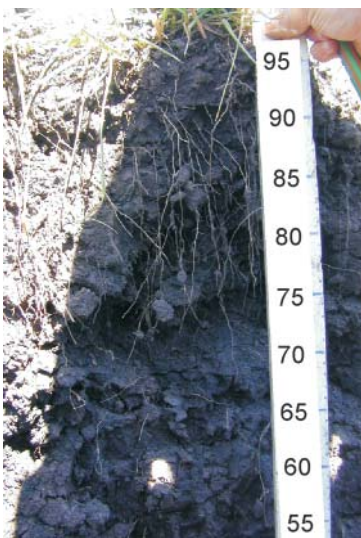


Figura 5- 1. Dactylis cv INIA Oberón

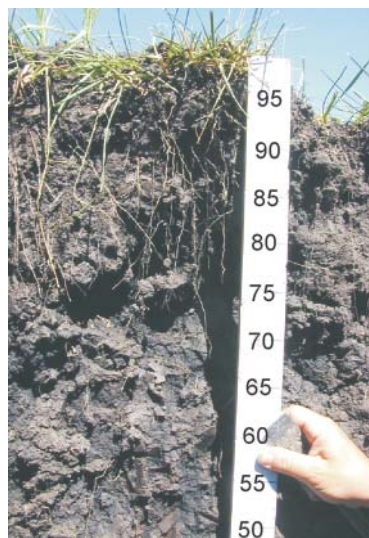


Figura 5- 2. Festuca cv Estanzuela Tacuabé.

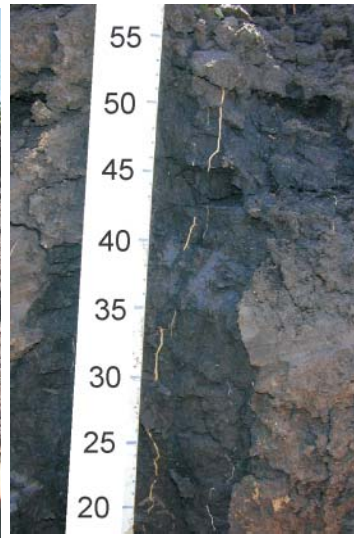


Figura 5- 3. Achicoria cv INIA Lacerta.

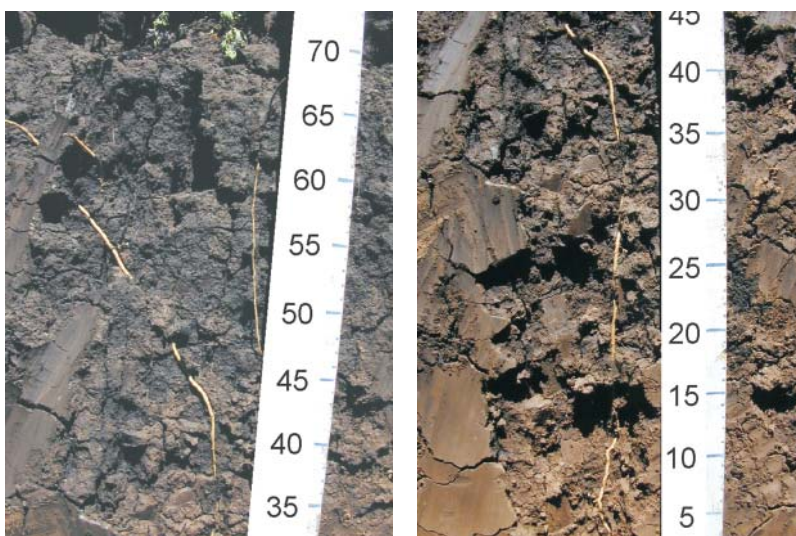


Figura 5- 4. Alfalfa cv Estanzuela Chaná.



Figura 5- 5. Trébol blanco cv Estanzuela Zapicán.

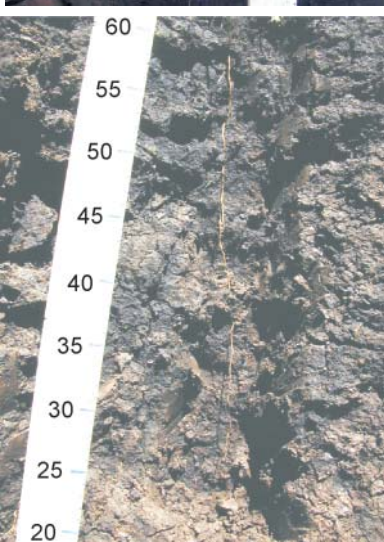


Figura 5- 6. Trébol rojo cv Estanzuela 116.

La profundidad de exploración se diferenció ($P < 0.0001$) entre las especies, cuadro 1.

Alfalfa se caracterizó por presentar raíces a mayor profundidad en el perfil, alcanzando un valor promedio de 146cm. Lotus corniculatus, achicoria y festuca presentaron valores similares de profundidad de sus sistemas radicales, 113cm de promedio, trébol rojo y blanco, en torno a los 102cm y dactylis fue la especie con enraizamiento mas superficial, llegando a los 94cm. A pesar de las diferencias, se puede asumir en forma general que las raíces de las especies estudiadas sobrepasaron los 90 cm de profundidad, característica que implica una zona amplia de exploración radicular.

Cuadro 1. Profundidad promedio de exploración radical (cm) de 7 especies forrajeras a 581 días pos siembra.

Especies	Alfalfa	Lotus	Achicoria	Festuca	T. rojo	T. blanco	Dactylis
cm raíz	146 a	116 b	111 bc	111 bc	104 cd	100 ed	94 e

CONSIDERACIONES GENERALES

- Todas las especies estudiadas presentaron raíces a profundidades que sobrepasaron los 90 cm, destacándose alfalfa, como la forrajera que alcanzó mayor profundidad promedio de exploración, 146 cm.

2. Número y peso de raíces de festuca, trébol blanco y lotus sembrados en directa y con preparación convencional de suelo

Las especies fueron sembradas puras, en directa y con preparación convencional del suelo en mayo, sobre rastrojos altos y bajos de sorgo granífero. La cuantificación de raíces se realizó 204 días pos siembra. En la información de número (NR) y peso de raíces (PR) de festuca, trébol blanco y lotus, además están incluidas las raíces remanentes del cultivo anterior, sorgo. En los primeros 10 cm del perfil, las raíces remanentes de mayor diámetro del sorgo eran distinguibles de las forrajeras, las de menor diámetro fueron inseparables visualmente. De los 10 cm de profundidad de perfil en adelante, fue imposible diferenciar raíces de sorgo o la forrajera en cuestión con un mínimo de seguridad, razón por la cual la información reportada en los cuadros 1 y 2 comprende las raíces de la forrajera en estudio, más las remanentes del sorgo que pudieron haber persistido.

La información obtenida se reporta en el cuadro 2. Tanto el NR como el PR son variables que normalmente se caracterizan por presentar coeficientes de variación altos. En este sentido, el NR presentó valores inferiores comparativamente con los de PR. Para el NR los coeficientes de variación se ubicaron en un rango de 30 a 50%, mientras que para PR los mismos se localizaron entre 50 y

100%, donde los coeficientes más frecuentes fueron aquellos superiores a 70%.

Dentro de cada especie los valores registrados de NR y PR fueron similares entre LC y SD en las distintas profundidades de perfil evaluadas. Esta tendencia posibilita simplificar la información a nivel de cada especie, cuadro 3.

Tanto en SD como en LC, en las tres especies las raíces llegan a profundidades de exploración de por lo menos 100 cm, que fue la mayor profundidad hasta donde se midió.

El NR total representa el valor acumulado de las raíces que alcanzan cada sección progresiva del perfil cada 10cm. Los valores superiores se explican por un mayor NR de la especie, o por mayor porcentaje de raíces que alcanzan mayores profundidades en el perfil, o por la conjunción de ambas características. Como tendencia, festuca tuvo los mayores NR en 10 cm y totales, lotus los más bajos y trébol blanco fue intermedio.

Trébol blanco fue la especie que presentó mayores PR, lotus los menores y festuca fue intermedia.

En el período siembra-muestreo de raíces, las especies habían sido cortadas 4 veces. Los rendimientos de forraje obtenidos fueron en festuca 3839 y 3865, para trébol blanco, 3356 y 3549 y con lotus 3485 y 2506 kg MS/ha en siembra directa y con laboreo convencional del suelo respectivamente.

La evolución en profundidad de los NR y PR para las 3 especies se presenta en las figuras 6 y 7.

Para las tres especies, los NR máximos se ubicaron en los 10cm superiores del perfil de suelo. Mientras festuca y lotus se caracterizaron por deprimir en dimensión importante el NR hasta los 30cm de profundidad, para posteriormente proseguir bajando el NR pero a tasas menores, trébol blanco mostró una caída importante de 10 a 20cm

Cuadro 2. Número (m²) y peso (kgMS/ha) de raíces de Festuca, Trébol blanco y Lotus sembrados en directa (SD) y con preparación convencional del suelo (LC), en distintas profundidades de suelo, en diciembre, a los 204 días pos-siembra.

ESPECIE	RAICES	LAB	Profundidad (cm)											Total
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
FESTUCA	Nº/m ²	LC	M	13415	8261	6763	6917	6168	5507	3150	1938	1564	419	54102
		LC	DE	3611	2373	2299	1784	1950	1232	1289	812	983	303	16638
		SD	M	13636	10177	6124	7027	5199	3877	1983	1101	1344	727	51194
		SD	DE	3677	2986	2493	2168	2284	2106	695	663	1279	982	19332
	Peso kgMS/ha	LC	M	1309	436	306	167	276	166	132	85	79	48	3005
		LC	DE	921	255	207	168	148	133	105	47	80	37	2100
		SD	M	1180	478	129	180	143	131	96	78	73	3	2492
		SD	DE	1034	317	123	80	118	101	114	30	93	7	2016
T.BLANCO	Nº/m ²	LC	M	9421	6410	4890	6278	4868	5727	2842	2357	1564	661	45019
		LC	DE	1758	1743	1106	2188	2353	709	1698	553	1132	304	13544
		SD	M	9098	5617	6653	5705	5771	5529	3414	2709	2027	617	47141
		SD	DE	1813	2550	1401	2758	2863	1552	874	1194	913	520	16438
	Peso kgMS/ha	LC	M	1306	376	224	315	299	130	154	73	87	48	3014
		LC	DE	1205	325	254	133	369	100	231	109	126	79	2933
		SD	M	1931	387	281	136	187	148	152	161	59	105	3547
		SD	DE	748	181	153	88	154	147	82	155	50	155	1912
LOTUS	Nº/m ²	LC	M	8657	8128	5419	4670	4318	3745	2489	1498	969	771	40664
		LC	DE	4929	2273	2524	2640	1133	1091	1186	1053	779	968	18575
		SD	M	8150	7108	4912	6388	4472	3591	2445	1542	1101	639	40349
		SD	DE	2058	1776	2307	2338	1711	2138	733	1306	1024	779	16171
Peso kgMS/ha	LC	M	665	272	151	189	122	76	104	37	29	259	1903	
	LC	DE	367	150	97	57	41	75	60	50	34	336	1268	
	SD	M	1057	259	193	95	112	65	35	74	40	21	1951	
	SD	DE	901	176	171	103	101	53	48	124	47	28	1753	

M: media, DE: desvío estándar.

Cuadro 3. Número (m²) y peso (kgMS/ha) de raíces de Festuca, Trébol blanco y Lotus, en distintas profundidades de suelo, en diciembre, a los 204 días pos-siembra. Datos promedio de LC y SD.

ESPECIE	RAICES	Profundidad (cm)										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Total
FESTUCA	Nº/m ²	13526	9219	6444	6972	5684	4692	2567	1520	1454	573	52648
	Peso kgMS/ha	1245	457	218	174	210	149	114	82	76	26	2749
T.BLANCO	Nº/m ²	9260	6014	5772	5992	5320	5628	3128	2533	1796	639	46080
	Peso kgMS/ha	1619	382	253	226	243	139	153	117	73	77	3281
LOTUS	Nº/m ²	8404	7618	5166	5529	4395	3668	2467	1520	1035	705	40507
	Peso kgMS/ha	861	266	172	142	117	71	70	56	35	140	1927

de profundidad, para posteriormente mantener aproximadamente igual NR hasta los 60 cm, profundidad a partir de la cual, recién ingresa en otra etapa de disminución del NR a una tasa de descenso moderada, figura 6.

Mientras que los NR en los primeros 10 cm del perfil representaron en festuca, trébol blanco y lotus el 26, 20 y 21% del NR total, a los PR les correspondieron valores muy superiores de distribución con respecto al peso total en el perfil, ellos fueron de 45, 49 y 45% respectivamente para las tres especies, figura 7

Figura 6. Evolución en profundidad del número de raíces (Nº en 0.10m²) de tres especies, cuantificados 204 días pos-siembra. Valores promedio para LC y SD.

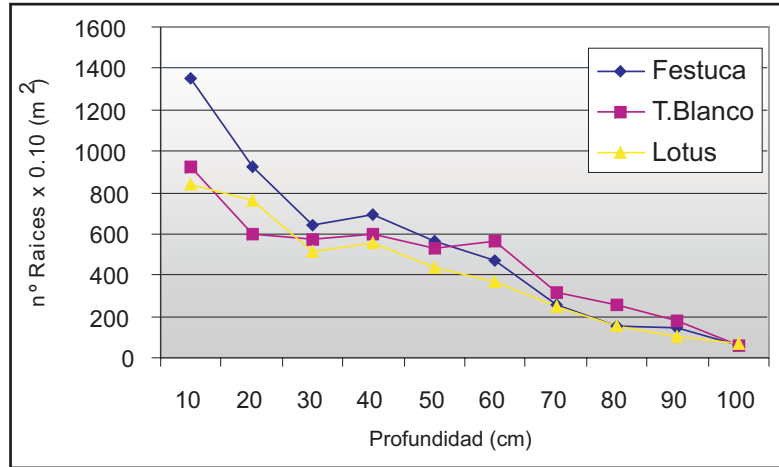
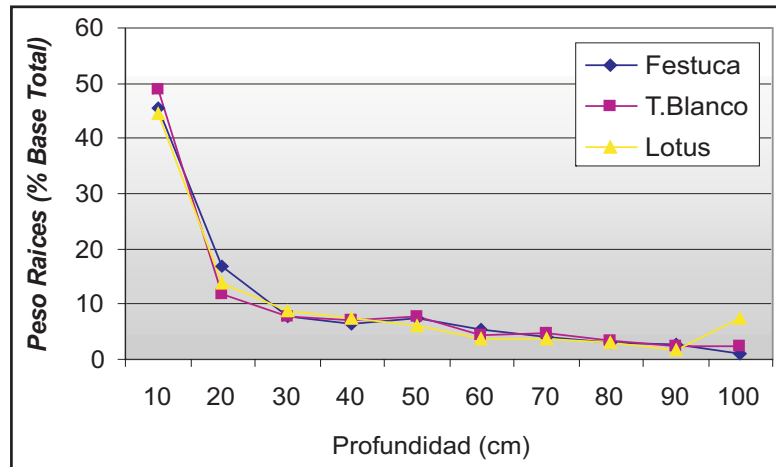


Figura 7. Evolución en profundidad del peso de raíces (kgMS/ha) de tres especies, cuantificados 204 días pos-siembra. Valores promedio para LC y SD.



El patrón evolutivo general a través del perfil de suelo de los PR fueron muy similares en las tres especies, una gran concentración del PR en los primeros 10cm del perfil, cayendo abruptamente hacia los 20cm, profundidad a partir de la cual se verifican disminuciones progresivas a tasas menores, figura 7.

CONSIDERACIONES GENERALES

- Dentro de cada especie los valores registrados de NR y PR fueron similares entre LC y SD en las distintas profundidades de perfil evaluadas.

- Las tres especies presentaron raíces hasta la mayor profundidad que se midió, 100 cm.
- Festuca tuvo los mayores NR en 10 cm y totales, lotus los más bajos y trébol blanco fue intermedio.
- Trébol blanco fue la especie que presentó mayores PR, lotus los menores y festuca fue intermedia.
- El patrón evolutivo general a través del perfil de suelo de los PR fueron muy similares en las tres especies, una gran concentración del PR en los primeros 10 cm del perfil, cayendo abruptamente hacia los 20 cm, profundidad a partir de la cual se verifican disminuciones progresivas a tasas menores.

3. Peso de raíces de 7 especies forrajeras sembradas en directa y con preparación convencional del suelo.

La información corresponde al experimento sembrado el 9/5/02 y la evaluación de PR se realizó en setiembre de 2003, 554 días pos siembra. En esta situación se cuantificaron además las raíces presentes sobre suelo desnudo. Este permaneció sin sembrar y limpio de malezas, desde la siembra de las forrajeras hasta la evaluación de raíces de las mismas. Esta estrategia permitió cuantificar las raíces que permanecían en el perfil de suelo, posiblemente en su mayoría del sorgo precedente, a los 554 días. Para cada especie forrajera, los valores referentes a raíces que se reportan tienen descontado los presentes sobre suelo desnudo, razón por la cual se asume, que los mismos corresponden estrictamente a la forrajera sembrada.

En el cuadro 4 se reporta la información obtenida para las 7 especies y el suelo desnudo, en SD y LC, discriminada en función de la ubicación del calador, surco y entresurco, y en el cuadro 5 los promedios de ambas localizaciones.

El análisis de la información realizado sobre PR en los primeros 10cm de perfil, o en el total, 100cm, incluyó 4 repeticiones por 2 métodos de siembra (LC y SD), por 2 alturas de rastrojo de sorgo (alto y bajo) por 8 perfiles radicales (7 especies forrajeras mas suelo desnudo).

Los coeficientes de variación de ambos análisis fueron altos, como ejemplo, para PR en 100 cm, el mismo fue de 49.5%, correspondiéndole a las fuentes de variación los siguientes valores: perfiles radicales (especies + suelo desnudo), $F = 11.91$ y $Pr > F = 0.0001$, métodos de siembra, $F = 0.65$ y $Pr > F = 0.4237$ y perfiles radicales por métodos de siembra, $F = 0.23$ y $Pr > F = 0.9763$, por tanto, el factor que incidió decisivamente en determinar los PR fueron las especies.

Cuando se compara la distribución de las raíces en el espacio, surco y entresurco, se verifican tendencias donde los mayores PR

(pesos radicales) se localizan en el entresurco (festuca), o en el surco (alfalfa y trébol rojo, especies con raíz pivotante), etc. En estas, lotus, especie que su raíz pivotante morfológicamente es similar a alfalfa, presenta una frecuencia alta de plantas donde su raíz pivotante ya en los primeros 10 cm se ramifica en 2 ó 3, hecho que en alfalfa fue un suceso raro.

La presencia de nichos sin raíces medibles (valor de peso radical = 0) da una idea de las diferencias en la capacidad de exploración en el perfil de las distintas especies. En gramíneas, mientras que festuca tuvo sólo un valor 0, dactylis presentó 10, teniendo valores de 0 ya a partir de los 40 cm de profundidad de perfil. En leguminosas, tréboles rojo y blanco tuvieron 7 situaciones con valor 0 ya a partir de los 30 cm, lotus solamente 4 y alfalfa exploró todo el perfil, siempre presentó raíces en todas las profundidades, cuadro 4.

Los PR de las especies en SD y LC se reportan en el cuadro 5. En algunas situaciones se verifican diferencias importantes dentro de una misma especie entre SD y LC, sin embargo las mismas no son significativas ($P > 0.05$).

Todas las especies presentaron capacidad de explorar con su sistema radical profundidades de 90 cm, algunas como dactylis y trébol rojo, que en SD presentaron valores de 0, probablemente indican que a esas profundidades tengan menor capacidad de exploración, por inferior número de raíces, cuadro 5.

La cantidad de raíces presentes en la situación de suelo desnudo, muestra la persistencia y estabilidad de las raíces del sorgo, cultivo precedente. La distribución de las mismas en el perfil indica que a los 70 cm de profundidad la cantidad de raíces remanentes del sorgo (medidas a través del PR) supera a la de muchas forrajeras y a los 90 cm, solamente los PR de alfalfa fueron mayores a los de sorgo. Este atributo del sorgo, de mantener por largos períodos raíces estables en el perfil hasta horizontes profundos, probablemente deba reponderarse como posible estrategia para ser incluido en las rotaciones para mejorar algunas pro-

Cuadro 4. Peso de raíces en surco y entresurco, en suelo desnudo y de especies forrajeras (kgMS/ha) sembradas con laboreo convencional del suelo (LC) y en directa (SD), para distintas profundidades de suelo.

Especie	Laboreo	Lugar	10	20	30	40	50	60	70	80	90	Total
FESTUCA	LC	Surco	4.401	270	114	125	146	148	17	60	25	5.306
	LC	Entresurco	4.898	546	198	179	65	60	98	122	60	6.227
	SD	Surco	5.117	339	14	102	24	72	109	68	6	5.851
	SD	Entresurco	7.082	194	421	269	265	386	37	119	0	8.773
DACTYLIS	LC	Surco	4.932	109	108	45	17	136	33	58	0	5.439
	LC	Entresurco	5.961	71	61	81	0	10	55	0	40	6.278
	SD	Surco	7.833	68	119	74	0	0	59	0	0	8.153
	SD	Entresurco	6.896	365	96	0	71	0	0	65	0	7.494
HOLCUS	LC	Surco	3.885	80	91	128	287	41	30	100	17	4.661
	LC	Entresurco	1.769	390	186	29	0	32	33	0	19	2.458
	SD	Surco	1.871	88	92	41	50	0	206	140	0	2.488
	SD	Entresurco	1.825	94	19	0	22	236	47	70	92	2.406
SUELO DESNUDO	LC	Surco	317	105	97	55	36	40	73	25	40	788
	LC	Entresurco	739	138	104	59	86	48	63	52	24	1.314
	SD	Surco	719	215	180	115	103	83	55	41	85	1.595
	SD	Entresurco	163	178	135	128	57	61	98	43	46	908
ALFALFA	LC	Surco	7.065	3.206	988	147	105	45	209	242	137	12.145
	LC	Entresurco	6.343	1.867	791	387	63	119	63	77	67	9.777
	SD	Surco	10.021	1.217	10	231	155	95	464	98	172	12.462
	SD	Entresurco	6.165	2.488	605	226	297	125	41	95	130	10.173
LOTUS	LC	Surco	2.871	219	107	107	53	81	0	99	7	3.544
	LC	Entresurco	1.611	283	75	36	43	123	37	48	31	2.288
	SD	Surco	1.676	309	267	0	20	0	39	6	0	2.316
	SD	Entresurco	3.063	306	26	101	56	0	0	200	5	3.757
T.ROJO	LC	Surco	4.753	606	76	197	59	29	109	18	74	5.921
	LC	Entresurco	2.971	66	85	144	0	52	0	47	13	3.377
	SD	Surco	4.750	690	0	6	113	48	63	0	0	5.671
	SD	Entresurco	4.565	262	116	21	19	27	0	77	0	5.087
T.BLANCO	LC	Surco	1.516	63	74	62	53	32	0	90	0	1.890
	LC	Entresurco	1.392	38	326	44	61	180	0	12	2	2.055
	SD	Surco	436	99	0	460	0	134	46	26	0	1.199
	SD	Entresurco	1.083	460	59	102	437	75	0	20	101	2.337

propiedades de los suelos, porosidad, drenaje interno, etc., que actualmente están siendo resaltadas por especialistas en el tema, como propiedades que se están deteriorando en algunos sistemas de producción que actualmente se realizan.

Las especies forrajeras fueron el factor más potente en determinar los PR en el perfil, en el cuadro 6 se reportan los pesos promedio de LC y SD para dos estratos, 0 a 10 cm y total del perfil, 0 a 90 cm.

Cuadro 5. Peso de raíces en suelo desnudo y de especies forrajeras (kg MS/ha) sembradas con laboreo convencional del suelo y en directa, para distintas profundidades de suelo. Valores promedio de surco y entresurco.

Especie	Laboreo	Profundidad de perfil cm									Total
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	
FESTUCA	LC	4.650	408	156	152	106	104	58	91	43	5.767
	SD	6.099	266	218	185	145	229	73	94	3	7.312
DACTYLIS	LC	5.447	90	85	63	8	73	44	29	20	5.859
	SD	7.365	217	107	37	36	0	30	33	0	7.824
HOLCUS	LC	2.827	235	138	79	144	37	31	50	18	3.559
	SD	1.848	91	56	20	36	118	127	105	46	2.447
SUELO DESNUDO	LC	528	122	101	57	61	44	68	39	32	1.051
	SD	441	196	158	121	80	72	76	42	65	1.251
ALFALFA	LC	6.704	2.536	890	267	84	82	136	160	102	10.961
	SD	8.093	1.853	308	229	226	110	252	96	151	11.318
LOTUS	LC	2.241	251	91	72	48	102	19	73	19	2.916
	SD	2.370	307	146	50	38	0	20	103	2	3.037
T.ROJO	LC	3.862	336	80	170	29	41	54	33	43	4.649
	SD	4.658	476	58	13	66	38	32	39	0	5.379
T.BLANCO	LC	1.454	51	200	53	57	106	0	51	1	1.973
	SD	759	279	30	281	219	104	23	23	50	1.768

Cuadro 6. Pesos radicales (kgMS/ha) de especies forrajeras y suelo desnudo (kg MS/ha), datos promedio de LC y SD, en los primeros 10 cm de suelo y el total del perfil (0-90 cm). Rendimientos de forraje (kgMS/ha) en el segundo año.

Especie	10 cm	%	0 a 90 cm	%	Forraje
ALFALFA	7.399 a	100	11140 a	100	11809 a
DACTYLIS	6.406 ab	86	6842 b	61	6713 bc
FESTUCA	5.375 bc	73	6540 bc	59	7267 b
T.ROJO	4.260 c	57	5014 c	45	6827 bc
HOLCUS	2.338 d	31	3004 de	27	6176 c
LOTUS	2.306 d	31	2977 e	27	7554 b
T.BLANCO	1.107 de	15	1871 ef	17	6106 c
SUELO DESNUDO	485 e	6	485 f	4	-
C.V (%)	28,4	-	23,1	-	-
Pr>F	0,0001	-	0,0001	-	-

En la misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas al nivel $P < 0.05$

Alfalfa fue la especie que presentó los mayores PR ($P < 0.05$), tanto en el estrato mas superficial, 10 cm, como en todo el per-

fil, 0 a 90 cm. En el otro extremo, trébol blanco registró los pesos menores. Entre las gramíneas, dactylis y festuca superan a holcus, mientras que en leguminosas, trébol rojo presentó mayores PR que lotus. Este último si bien registró valores superio-

res a trébol blanco, los pesos no se diferenciaron ($P>0.05$) entre ambas especies.

Cuando se comparan las diferencias en PR entre alfalfa y las gramíneas perennes, dactylis y festuca, se verifica que las diferencias a favor de alfalfa aumentan en la comparación de todo el perfil, supremacía de alfalfa de un 40%, con relación al estrato de 10cm, donde alfalfa es un 14 a 17% superior, cuadro 7.

Cuando se analiza la información, haciendo mayor discriminación de las fuentes de variación, considerando: 8 perfiles radicales (7 especies + suelo desnudo) por dos formas de siembra (LC y SD), por dos alturas de rastrojo (alto y bajo), por dos lugares de muestreo (sobre el surco y entresurco) por 9 profundidades del perfil, las fuentes altamente significativas ($P<0.0001$) fueron, especies, profundidades de perfil y la interacción entre ambas fuentes de variación.

El aumento en las diferencias a favor de alfalfa cuando se compara todo el perfil se explica por la diferente distribución de raíces que las especies presentan en el mismo. Si bien todas siguen un patrón general de distribución relativamente similar, figuras 8 y 9, evidentemente, alfalfa presenta altos PR en horizontes más profundos del perfil, 20, 30 cm, cuadro 7.

Todas las especies tienen la mayor concentración de sus PR en los primeros 10 cm del perfil, se destacan especialmente las gramíneas perennes con valores superiores al 80%, las leguminosas, sin llegar a porcentajes tan altos, se caracterizan por producir los PR superiores comparativamente con las restantes especies, en el estrato de 10 a 20cm.

A mayor profundidad, de 40 cm en adelante, los PR decrecen paulatinamente, predominando valores para cada estrato me-

Cuadro 7. Distribución de los pesos radicales en el perfil, expresado como porcentaje del total, 0 a 90cm, tomado como base 100.

Especies	Siembra	Profundidad cm								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
FESTUCA	LC	81	7	3	3	2	2	1	2	1
	SD	83	4	3	3	2	3	1	1	0
	M	82	5	3	3	2	3	1	1	0
DACTYLIS	LC	93	2	1	1	0	1	1	0	0
	SD	94	3	1	0	0	0	0	0	0
	M	94	2	1	1	0	1	1	0	0
HOLCUS	LC	79	7	4	2	4	1	1	1	1
	SD	76	4	2	1	1	5	5	4	2
	M	78	5	3	2	3	3	3	3	1
ALFALFA	LC	61	23	8	2	1	1	1	1	1
	SD	72	16	3	2	2	1	2	1	1
	M	66	20	5	2	1	1	2	1	1
LOTUS	LC	77	9	3	2	2	3	1	3	1
	SD	78	10	5	2	1	0	1	3	0
	M	77	9	4	2	1	2	1	3	0
T.ROJO	LC	83	7	2	4	1	1	1	1	1
	SD	87	9	1	0	1	1	1	1	0
	M	85	8	1	2	1	1	1	1	0
T.BLANCO	LC	74	3	10	3	3	5	0	3	0
	SD	43	16	2	16	12	6	1	1	3
	M	59	9	6	9	7	6	1	2	1
SUELO DESNUDO	LC	50	12	10	5	6	4	6	4	3
	SD	35	16	13	10	6	6	6	3	5
	M	42	14	11	8	6	5	6	4	4

LC: laboreo convencional, SD: siembra directa, M: media de LC Y SD.

Nota: en cada fila, la suma de los porcentajes no necesariamente da 100 por efecto de redondeo

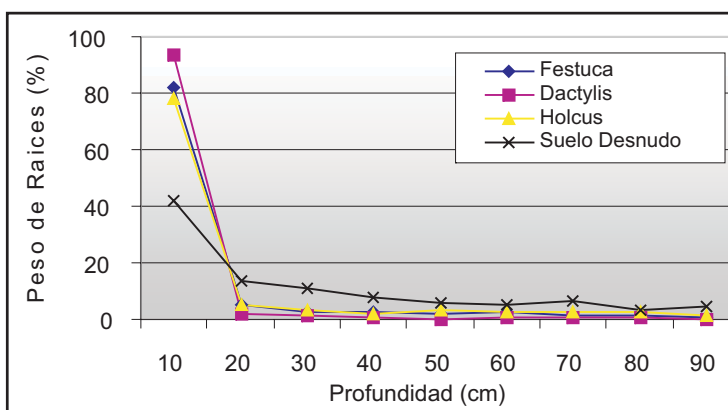


Figura 8. Distribución de los pesos radicales de gramíneas y suelo desnudo, en el perfil hasta 90cm de profundidad, como porcentaje del peso radical total.

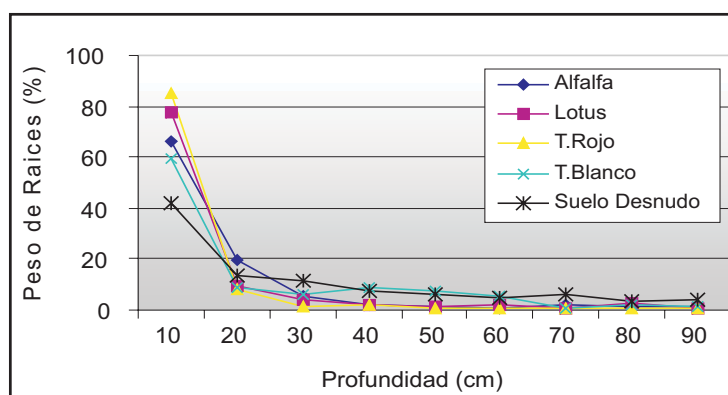


Figura 9. Distribución de los pesos radicales de leguminosas y suelo desnudo, en el perfil hasta 90cm de profundidad, como porcentaje del peso radical total.

nores al 5% del total. Sin embargo, la distribución en profundidad de las raíces de sorgo (suelo desnudo) mantiene los mayores valores entre los 50 y 90 cm, denotando una mayor persistencia de las mismas en esa especie, con índices ubicados en torno al 5% del total.

La producción de forraje de las especies durante el segundo año, última columna del cuadro 6, permite relacionar esta variable con los PR medidos en setiembre. Entre las especies, holcus, lotus y trébol blanco presentaron diferencias importantes con respecto a alfalfa, dactylis, festuca y trébol rojo.

CONSIDERACIONES GENERALES

- Especies y profundidades en el perfil fueron los factores que modificaron significativamente los PR.
- Todas las especies presentaron capacidad de explorar con su sistema radical profundidades de 90 cm en el perfil.

- La cantidad de raíces presentes en la situación de suelo desnudo, muestra la persistencia y estabilidad de las raíces del sorgo, cultivo precedente, su cantidad a los 70 cm de profundidad supera a la de muchas forrajeras y a los 90 cm, solamente los PR de alfalfa fueron mayores a los de sorgo.
- Alfalfa fue la especie que presentó los mayores PR, tanto en el estrato más superficial, 10cm, como en todo el perfil, 0 a 90cm, en el otro extremo, trébol blanco registró los menores, en gramíneas, dactylis y festuca superaron a holcus.
- Todas las especies tienen la mayor concentración de sus PR en los primeros 10 cm del perfil, destacándose las gramíneas perennes con valores superiores al 80%, las leguminosas, sin llegar a porcentajes tan altos, se caracterizan por producir los PR superiores comparativamente con las restantes especies, en el estrato de 10 a 20 cm.

- A mayor profundidad, de 40 cm en adelante, los PR decrecen paulatinamente, predominando valores para cada estrato menores al 5% del total.

4. Profundidad de exploración radical en gramilla

La gramilla, *Cynodon dactylon* L, es una de las malezas más importantes en el país, hacia donde evolucionan la mayoría de las pasturas artificiales sembradas en suelos infestados con esta maleza y especialmente en las pasturas que no incluyen gramíneas perennes en su composición.

Aparentemente en sistemas de siembra directa, esta maleza agrava su incidencia, comparativamente con esquemas bajo laboreo convencional. En esta publicación, trabajo II, se comparan estrictamente varias especies forrajeras y se reportó un ejemplo donde se concluye que los efectos del engramillamiento fueron mas graves en afectar la producción de las forrajeras bajo siembra directa comparativamente con laboreo convencional.

Actualmente en los sistemas que aplican siembra directa continua se está visualizando cierto grado de deterioro en algunas propiedades físicas de los suelos y se resalta frecuentemente tanto en nuestro país como en Argentina la importancia de minimizar los períodos de suelo descubierto, con pocos restos vegetales, y/o de aumentar la frecuencia de inclusión en la rotación de especies que aporten mayor biomasa radicular, mas estable, etc.

La gramilla por su muy rápida capacidad de cobertura, puede oficiar desde este punto de vista, como una especie protectora del suelo. Varios trabajos de malezas, resaltan además el alto potencial de esta especie en producir rizomas en los 20 cm superiores del perfil de suelo, atributo que también podría considerarse positivo desde el punto de vista de la sustentabilidad del suelo.

Sin duda, esta especie según el enfoque que se realice, tiene atributos muy positivos o muy negativos, pero independientemente de esta polémica, es importante aumentar el volumen de información de esta gramínea,

referente a la potencia de su sistema radical en capas mas profundas del perfil del suelo, objetivo con que se encaró este trabajo.

Las pasturas seleccionadas del sistema ganadero y lechero tenían 26 y 29 meses de edad respectivamente al momento del muestreo realizado en junio. El gramillal estabilizado tenía como antecedente una pradera de más de 10 años de duración.

La tipificación de las situaciones de engramillamiento catalogadas como baja, media y alta correspondían a áreas cubiertas por gramilla en la parte aérea de la pastura de 10 a 20, 40 a 60 y 100% respectivamente, mientras que en el gramillal estabilizado, las áreas cubiertas por gramilla eran del 100 %, variando la cantidad de estolones acumulados.

Como la clasificación de las raíces por especie fue imposible, cuando se reporta información de NR y PR, debe asumirse que en el nivel bajo de engramillamiento se encuentran también las raíces de las especies componentes de la pastura, se asume que predominando éstas últimas, el nivel medio teóricamente representaría una mezcla relativamente equilibrada de raíces de gramilla y pastura y el nivel alto de engramillamiento asume que existe un predominio neto de raíces de *Cynodon*.

El NR por m², total en todo el perfil, varió con las situaciones entre 29 y 61000 y dentro de ellas de acuerdo con la elección de zonas bajas, medias y altas de gramilla, cuadro 1. Contra lo esperado, el gramillal estabilizado no tuvo los registros superiores de NR.

El número total de raíces de gramilla presenta características que son similares a valores reportados en este capítulo para gramíneas perennes, como por ejemplo festuca, aunque la información no sea comparable, pero también tiene atributos que son diferentes.

Con gramilla, no se contaron valores tan altos de número de raíces como en festuca, en los primeros 10 cm del perfil, pese a las mayores edades de la gramilla con relación a festuca. Sin embargo, en todas las situaciones tipificadas como nivel alto de engramillamiento, se registraron valores

elevados de NR en los estratos más profundos del perfil, cuadro 8.

Cuando el NR se expresa en términos de distribución en el perfil, como porcentaje del total, cuadro 9, se verifica que los valores porcentuales son relativamente simila-

res a los de festuca, trébol blanco y lotus. Por tanto, la diferencia con gramilla, especialmente en las situaciones de alto engramillamiento, radica en la capacidad de esta especie de presentar mayores NR.

Cuadro 8. Distribución del número de raíces/m² y peso radical (kgMS/ha) de gramilla en 100 cm de profundidad en tres situaciones, bajo (B), medio (M) y alto (A) contenido de gramilla en una mezcla forrajera ubicada en el sistema ganadero (SG), lechero (SL) y en un graminal estabilizado (GE).

SITUACIÓN	RAICES	NIVEL	Profundidad (cm)										Total
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
SISTEMA GANADERO (SG)	Nº/m ²	B	7049	4934	4934	4229	2820	2467	1762	1410	705	705	31015
		M	7049	5287	4934	3525	3525	2820	2820	2820	2115	1410	36305
		A	9869	7049	5992	6344	6344	5639	5639	5287	4934	4229	61326
	Peso kgMS/ha	B	804	77	190	95	42	48	7	4	1	2	1270
		M	2927	904	322	141	227	225	154	109	75	74	5158
		A	6952	1365	223	308	141	415	259	423	434	475	10995
SISTEMA LECHERO (SL)	Nº/m ²	B	4934	4934	4229	4582	3525	2820	3877	3525	2115	1410	35951
		M	7049	6697	6344	5639	4934	4582	3172	2115	1410	1410	43352
		A	7754	7049	7049	5992	7049	5639	4934	4934	3172	3525	57097
	Peso kgMS/ha	B	614	188	114	183	381	216	21	16	18	0	1751
		M	3525	861	554	357	204	211	112	109	100	29	6091
		A	9571	1559	775	995	560	395	488	285	465	436	15529
GRAMILLAL ESTABILIZADO (GE)	Nº/m ²	B	5639	4934	4934	2820	2820	2115	2115	2115	1410	705	29607
		M	6344	6344	4229	3525	3525	2820	3525	4229	2820	2115	39476
		A	7754	6344	4934	4229	4229	4229	4934	4229	4229	3525	48636
	Peso kgMS/ha	B	2834	696	157	166	291	117	188	152	71	484	5156
		M	3309	302	682	644	277	1858	1107	686	1033	370	10268
		A	6460	1291	865	1625	2492	2194	1459	872	1080	435	18773

Los PR también variaron con cada situación y dentro de ellas con el nivel de gramilla. Las zonas seleccionadas de alta infestación acumularon valores de PR entre 11 y 18000 kgMS/ha en el perfil, cuadro 8.

La distribución porcentual del PR en el perfil, cuadro 2, indica una menor acumulación en los primeros 10 cm comparativamente con las gramíneas perennes. Mientras que gramilla acumula en los primeros 10cm valores en torno al 60% del total de PR en todo el perfil cuando se seleccionan los niveles altos de engramillamiento en los sistemas de producción, SG o SL, las gramíneas perennes a esa profundidad acumulaban el 80 y 90% del peso total. Sin embargo, gramilla especialmente entre 10 y 20cm, pero también entre 20 y 30 cm acu-

mula porcentualmente mayores pesos radicales que las gramíneas perennes.

Para el caso del graminal estabilizado (GE), en el nivel alto se verifica muy baja acumulación del PR en los primeros 10cm cuando se lo compara con las situaciones de SG o SL, y llama la atención los valores elevados entre 50 y 60cm de profundidad de perfil, cuadros 8 y 9.

En las figuras 10, 11 y 12 se grafican las evoluciones de los NR y PR en las situaciones de alto engramillamiento para el SG, SL y GE.

Los NR disminuyen en todas las situaciones a medida que se profundiza en el perfil, sin embargo con *Cynodon*, las disminuciones en el rango comprendido entre los 20 o 30 cm iniciales y los 100cm presenta-

Cuadro 9. Distribución porcentual del número y peso de raíces en gramilla, tomando como base 100 % los valores totales de todo el perfil.

SITUACIÓN	RAICES	NIVEL	Profundidad (cm)									
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
SISTEMA GANADERO (SG)	Nº/m ²	B	23	16	16	14	9	8	6	5	2	2
		M	19	15	14	10	10	8	8	8	6	4
		A	16	11	10	10	10	9	9	9	8	7
	Peso kgMS/ha	B	63	6	15	7	3	4	1	0	0	0
		M	57	18	6	3	4	4	3	2	1	1
		A	63	12	2	3	1	4	2	4	4	4
SISTEMA LECHERO (SL)	Nº/m ²	B	14	14	12	13	10	8	11	10	6	4
		M	16	15	15	13	11	11	7	5	3	3
		A	14	12	12	10	12	10	9	9	6	6
	Peso kgMS/ha	B	35	11	7	10	22	12	1	1	1	0
		M	58	14	9	6	3	3	2	2	2	0
		A	62	10	5	6	4	3	3	2	3	3
GRAMILLAL ESTABILIZADO (GE)	Nº/m ²	B	19	17	17	10	10	7	7	7	5	2
		M	16	16	11	9	9	7	9	11	7	5
		A	16	13	10	9	9	9	10	9	9	7
	Peso kgMS/ha	B	55	13	3	3	6	2	4	3	1	9
		M	32	3	7	6	3	18	11	7	10	4
		A	34	7	5	9	13	12	8	5	6	2

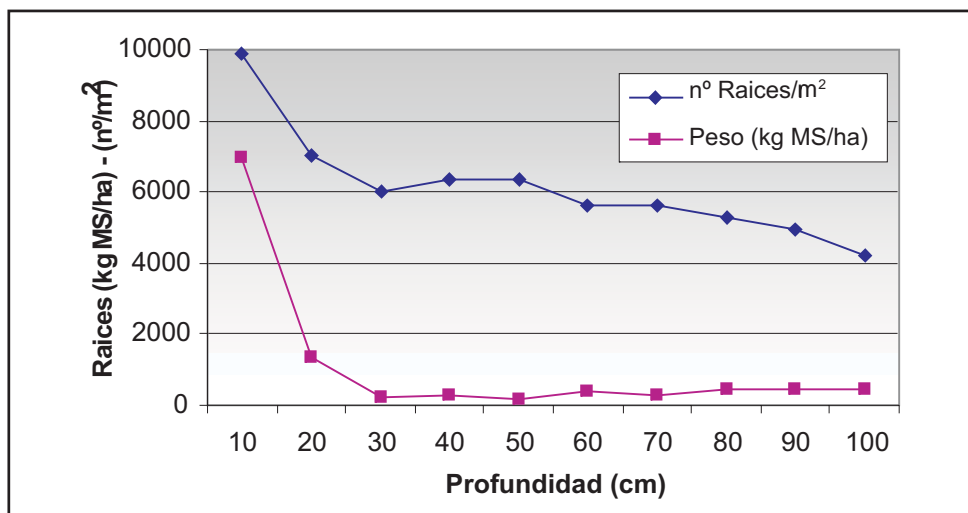


Figura 10. Evolución del número y peso de raíces de Cynodon para una situación de alta infestación de gramilla sobre una pradera del sistema ganadero, con 26 meses de edad.

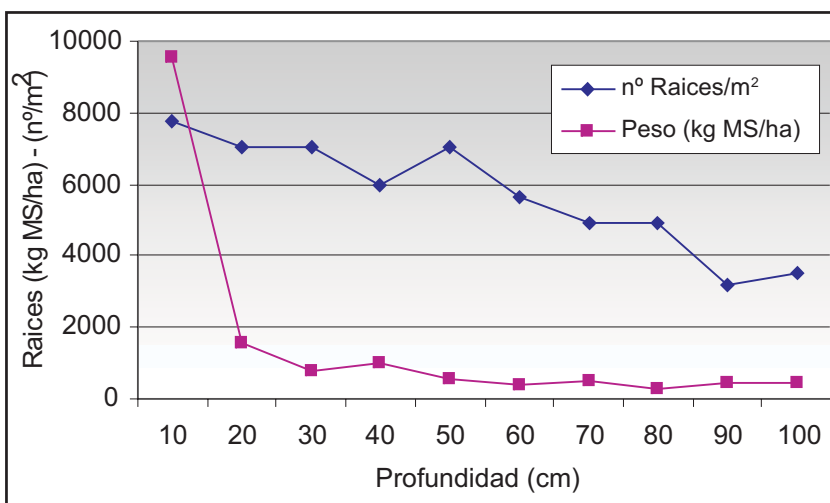


Figura 11. Evolución del número y peso de raíces de Cynodon para una situación de alta infestación de gramilla sobre una pradera del sistema leche-

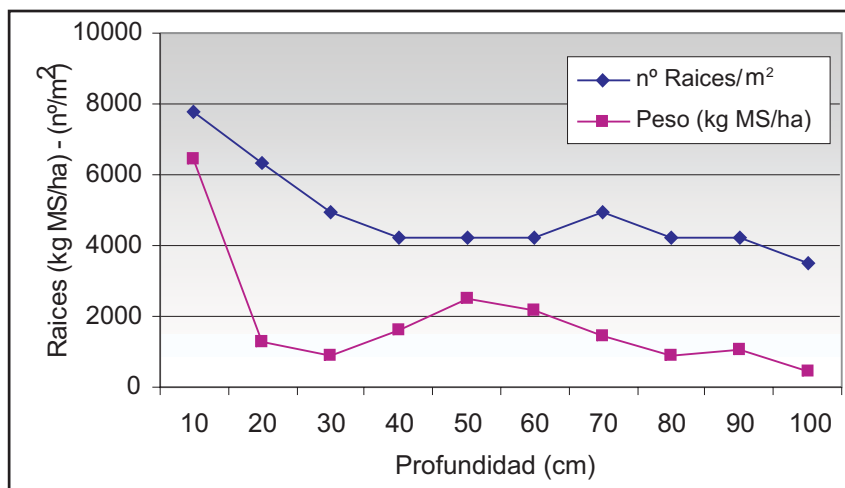


Figura 12. Evolución del número y peso de raíces de Cynodon para una situación de alta infestación de gramilla, tipificada como graminal estabilizado con más de 10 años de duración.

ron tasas de declinación muy bajas y consecuentemente NR en capas profundas del suelo muy superiores a los presentados con otras forrajeras estudiadas, figuras 10, 11 y 12.

Los PR siguen el patrón general de marcada disminución de los 10 a 20cm, aunque Cynodon concentra menos su PR en los primeros 10 cm y acumula más entre 10 y 20 cm, comparativamente con otras gramíneas perennes.

CONSIDERACIONES GENERALES

- El NR por m², total en todo el perfil, varió con las situaciones entre 29 y 61000 y dentro de ellas de acuerdo con la elección de zonas bajas, medias y altas de gramilla.

- Con gramilla, no se contaron valores tan altos de número de raíces como en festuca, en los primeros 10 cm del perfil, sin embargo, en todas las situaciones tipificadas como nivel alto de engramillamiento, se registraron valores elevados de NR en los estratos más profundos del perfil.
- Los PR también variaron con cada situación y dentro de ellas con el nivel de gramilla. Las zonas seleccionadas de alta infestación cumularon valores de PR entre 11 y 18000 kgMS/ha en el perfil.
- Con alto nivel de gramilla, la distribución porcentual del PR en el perfil indica una menor acumulación, 60%, en los primeros 10 cm comparativamente con las gramíneas perennes que acumularon el 80 y 90% del peso total.

- Los NR disminuyen a medida que se profundiza en el perfil, sin embargo con *Cynodon*, las disminuciones en el rango comprendido entre los 20 o 30 cm iniciales y los 100 cm, presentan tasas de declinación muy bajas y consecuentemente los NR en capas profundas del suelo son muy superiores a los presentados con las otras forrajeras estudiadas.
- Los PR siguen el patrón general de marcada disminución de los 10 a 20 cm, aunque *Cynodon* concentra menos su PR en los primeros 10 cm y acumula más entre 10 y 20 cm, comparativamente con otras gramíneas perennes.

5. Efecto de la frecuencia de defoliación sobre los pesos radicales de especies forrajeras

En especies forrajeras la defoliación implica un estrés energético sobre las plantas que modifica el sistema de señales internas de las mismas, en el sentido que mayoritariamente los esfuerzos fisiológicos son dirigidos prioritariamente a recomponer el área foliar. En este contexto las raíces son afectadas por dicho evento, cesa la elongación, actividad radical, etc. y se produce muerte de raíces en proporciones dependientes de la severidad y duración del estrés. En la medida que aumenta la frecuencia y/o intensidad de la defoliación, incrementa la carencia de energía y los individuos modifican el tamaño de la parte aérea y radical, para alcanzar un nuevo estado de equilibrio entre ambas, a menor nivel.

El objetivo de este trabajo consiste en presentar el impacto que 4 manejos aplicados en primavera sobre 3 especies forrajeras, festuca cv Estanzuela Tacuabé, trébol blanco cv Estanzuela Zapicán y lotus cv INIA Draco produjo sobre el peso radical.

Las forrajeras estaban en su segundo año, los cortes se aplicaron del 15 de setiembre al 15 de diciembre. En dicho período se realizaron dejando un rastrojo residual de 4 cm, 1 corte al final del período, 2 cortes cada 45 días, 3 cortes cada 30 días y 4 cortes (dos cada 22 y dos cada 23 días). Se utilizaron 4 repeticiones y las raíces se

muestrearon a fines de enero. Se hicieron con pala 2 pozos de 40 x 40 cm x 40 cm de profundidad por parcela. Las raíces fueron lavadas, secadas y los resultados se expresan en kgMS/ha.

A fines de mayo, otoño del tercer año se realizó una evaluación de persistencia. En lotus y festuca la persistencia se expresó como porcentaje de surco sin plantas y en trébol blanco como porcentaje de suelo desnudo en la parcela.

Las producciones de forraje acumuladas para los 90 días de evaluación, en las tres especies para los 4 manejos y los pesos radicales se reportan en el cuadro 10.

La producción de forraje, aunque con diferencias entre las especies, referente a las magnitudes de las disminuciones, bajó con el aumento en la frecuencia de cortes, en los regímenes de 3 y especialmente de 4 cortes.

Trébol blanco fue la excepción en el sentido que con 1 corte se cosechó menos forraje que en los manejos de 2 y 3 cortes. Probablemente el menor rendimiento se explique por pérdidas de forraje superiores, consecuencia del período de acumulación muy largo para una especie planófila, con hojas de alta calidad, fácilmente degradables.

Armónicamente con la parte aérea, los PR respondieron en forma similar al aumento en la frecuencia de cortes, aunque la magnitud de las depresiones fue superior en la parte subterránea con respecto a la aérea. Las frecuencias de 3 y 4 cortes determinaron disminuciones significativas en los PR.

Lotus fue la especie más afectada en su parte subterránea con el manejo de 4 cortes, deprimiendo un 62% el PR comparativamente con el manejo de 1 solo corte. Trébol blanco también registro una caída importante en su PR (46%) cuando se manejó con la máxima frecuencia aplicada.

Festuca representó la especie que ya con la frecuencia de 3 cortes, presentaba un PR del orden del 53% comparativamente con el manejo de un solo corte.

Sin embargo, si bien todas las especies deprimieron sus PR en respuesta a las mayores frecuencias de corte, la magnitud de la depresión impacta en forma distinta se-

Cuadro 10. Rendimientos de forraje acumulados (RF) y pesos radicales (PR) expresados en (kgMS/ha), de tres especies forrajeras sometidas a 4 manejos de defoliación.

Especie	Variable	1 corte	2 cortes	3cortes	4 cortes
FESTUCA TACUABÉ	RF	3470a	3406a	2410 b	2090 c
	RF (%)	100	98	69	60
	PR	5140a	4163a	2724 b	2415 b
	PR (%)	100	81	53	47
	Persistencia	0	0	0	0
TRÉBOL BLANCO ZAPICÁN	RF	2314 b	2678a	2755a	1916 c
	RF (%)	100	116	119	83
	PR	1487a	1294ab	1012 bc	803 c
	PR (%)	100	87	68	54
	Persistencia	0	0	15	25
LOTUS INIA DRACO	RF	4434 a	3950 b	2706 c	2459 c
	RF (%)	100	89	61	55
	PR	2756 a	2122ab	1626 bc	1047 c
	PR (%)	100	77	59	38
	Persistencia	10	25	35	55

gún la forrajera en cuestión. La evaluación de persistencia realizada en mayo del tercer año corrobora lo precedentemente expresado. Mientras que en festuca no se verificó muerte de plantas pese a que presentó depresiones en sus PR de 50%, lotus con 3 y 4 cortes, a fines de otoño tenía 35 y 55% de sus surcos sin plantas por muerte de las mismas durante verano.

Trébol blanco en los dos manejos más frecuentes también resintió su persistencia, dejando un 15 y 25% de suelo descubierto para los regímenes de 3 y 4 cortes respectivamente. Esta especie además, en las mayores frecuencias tenía menor número y diámetro de estolones (información no reportada).

CONSIDERACIONES GENERALES

- Las frecuencias de 3 y 4 cortes deprimieron las producciones de forraje en las tres especies y determinaron disminuciones significativas en los pesos radicales.
- La magnitud de las depresiones fue superior en la parte subterránea con respecto a la aérea.
- Lotus fue la especie más afectada en su parte subterránea con el manejo de 4 cortes, deprimiendo un 62% el PR comparativamente con el manejo de 1 solo corte.

BIBLIOGRAFÍA

- ABDEL-MAGID, A.H.; SCHUMAN, G.E.; HART, R.** 1987. Soil bulk density and water infiltration as affected by grazing systems. *Journal of Range Management* 40: 307-309.
- AMIR, G.G.; RIVERO, J.M.** 1989. Dinámica del engramillamiento en la evolución de distintas pasturas: I. Evolución y producción otoñal del segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 155 p.
- BAUTES, C.; ZARZA, A.** 1974. Efecto de la fertilización nitrogenada y la frecuencia de cortes sobre el comportamiento productivo de dos pasturas de *Cynodon dactylon* (L. Pers.). Uruguay. CIAAB. La Estanzuela. Documento interno.
- BAUTES, C.D.** 1990. La gramilla brava como constante del sistema agrícola ganadero. *CREA Revista de FUCREA; Comunicación* (157): 30-37.
- BEATY, E.R.; TAN, K.H.; McCREERY, R.A.; JONES, J.B.** 1975. Root-herbage production and nutrient uptake and retention by bermudagrass and bahiagrass. *Journal of Range Management* 28:385-388.
- BLAIKIE, S.J.; MASON, W.K.** 1993. Restrictions to root growth limit the yield of shoots of irrigated white clover. *Australian Journal of Agricultural Research* 44: 121-135.
- BOUWMAN, L.A.; ARTS, W.B.M.** 2000. Effects of soil compaction on the relationships between nematodes, grass production and soil physical properties. *Applied Soil Ecology* 14: 213-222.
- BROWN, K.R.; EVANS, P.S.** 1973. Animal treading: a review of the work of the late D.B. Edmond. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 1: 217-226.
- CIVETTA, P.; SANZ, J.M.** 1995. Control de gramilla *Cynodon dactylon* (L. Pers.) en sistemas de siembra directa y de mínimo laboreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 61 p.
- DÍAZ, R.**, coord. 2001. Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, IICA/PROCISUR. Documentos. 450 p.
- DORMAAR, J.F.; SMOLIAK, S.; WILLMS, W.D.** 1989. Vegetation and soil response to short-duration grazing on fescue grasslands. *Journal of Range Management* 42: 252-256.
- EDMOND, D.B.** 1966. The influence of animal treading on pasture growth. In *International Grassland Congress* (10., 1966, Helsinki, FI). Proceedings. Finnish Grasslands Association. p. 453-458
- EDMOND, D.B.** 1970. Effects of treading on pastures, using different animals and soils. In *International Grassland Congress*. (11., 1970, Surfers Paradise, AU). St. Lucia, University of Queensland Press. p. 604-608.
- EVANS, P.S.** 1972. The effect of repeated defoliation to three different levels on root growth of five pasture species. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 16: 31-4.
- EVANS, P.S.** 1973. Effect of seed size and defoliation at three development stages on root and shoot growth of seedlings of some common pasture species. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 16: 389-394.
- EVANS, P.S.** 1977. Comparative root morphology of some pasture grasses and clovers. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 20: 331-235.
- FAGGI, N.; SCREMINI, G.** 1997. Control de gramilla (*Cynodon dactylon*) en sistemas pastoriles con aplicaciones de glifosato. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 74 p.
- FEDERER, C.A.; TEMPAS, G.H.; SCHMIDT, D.R.; TANNER, C.B.** 1961. Pasture soil compaction by animal traffic. *Agronomy Journal* 53: 53-54.
- GARCÍA, J.A.; FORMOSO, F.A., RISSO, D.F.; ARROSPIDE, C.G.; OTT, P.M.** 1981. Productividad y estabilidad de praderas. Uruguay. CIAAB. Estación Experimental Agropecuaria La Estanzuela Miscelánea no. 29. 23 p.
- GARCÍA, J.A.** 1995. Gramilla y praderas. Montevideo, INIA. Serie Técnica no. 67. 14 p.
- GARCÍA, M.; VILLALBA, J.** 1996. Efecto del sombreamiento y de la fertilización con nitrógeno y fósforo en el crecimiento de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 40 p.
- GIFFORD, G.F.; HAWKINS, R.H.** 1978. Hydrologic impact of grazing on infiltration: a critical review. *Water Resources Research* 14: 305-313.
- GREENWOOD, K.L.; MCKENZIE, B.M.** 2001. Grazing effects on soil physical properties

and consequences for pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41:1231-1250.

- HOROWITZ, M.** 1972. Development of *Cynodon dactylon* (L) Pers. *Weed Research* 12: 207-220.
- HOROWITZ, M.** 1972. Effects of dessication and submergence on the viability of rhizome fragments of bermudagrass and johnsongrass and tubers of nutsedge. *Israel Journal of Agricultural Researches* 22: 215-220.
- HOROWITZ, M.** 1972. Effects of frequent clipping on three perennial weeds. *Cynodon dactylon* (L) Pers. *Sorghum halepense* (L.) Pers. And *Cyperus rotundus* L. *Experimental Agriculture* 8: 225-234.
- HOROWITZ, M.** 1972. Spatial growth of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. *Weed Research* 12: 373-383.
- JOHNSON, J.M.F.; ALLMARAS, R.R.; REICOSKY, D.C.** 2006. Estimating source carbon from crop residues, roots and rhizodeposits using the national grain-yield database. *Agronomy Journal* 98:622-636.
- LESCANO, M.C.** 1981. Bioecología del gramón. INTA. Estación Experimental Agropecuaria de San Pedro. Informe Técnico N°61.
- LESCANO, M.C.** 1982. Biología del gramón. Argentina. INTA. Estación Experimental Agropecuaria San Pedro. Informe Técnico no. 37.
- LESCANO, M.C.; FRUTOS, E.** 1982. Influencia de los factores climáticos en el crecimiento aéreo y subterráneo de gramón (*Cynodon* spp.). Argentina. INTA Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Carpeta de Producción Vegetal: Generalidades; Información no. 39.
- MATTHEW, C.; van LOO, E.N.; THOM, E.R.; DAWSON, L.A.; CARE, D.A.** Understanding shoot and root development. *Proceedings of the XIX International Grassland Congress.*
- PETETÍN, C.A.; ZANELLI, M.** 1973. Efecto de la temperatura sobre la viabilidad de rizomas de *Cynodon dactylon* (L) Pers. *Revista de Investigación Agropecuaria: Serie 2; Biología y Producción Vegetal* (Buenos Aires) 10 (1): 41-47.
- RÍOS, A.** 1996. Control integrado de *Cynodon dactylon*. In: Curso de actualización técnica en manejo de malezas. (2, 1996, La Estanzuela, UY).
- RÍOS, A.; CIVETTA, P. y SANZ, J.M.** 1996. Control de *Cynodon dactylon* en sistemas de siembra directa y mínimo laboreo. 4ª. Jornada Nacional de Siembra Directa. Mercedes, 4 de Octubre de 1996, AUSID, INIA, Prenader, ARS, 5p.
- RÍOS, A.; CIVETTA, P.; y SANZ, J.M.** 1997. *Cynodon dactylon* control in conservation tillage system, In: XVIII International Grassland Congress. *Proceedings. Volume 1. Sesión 7. Plant Physiology and Growth, June 8-19-1997. Canadá.* ID 140.
- RÍOS, A.; FAGGI, N. y SCREMINE, G.** 1997. Control integrado de *Cynodon dactylon* en Sistemas Pastoriles. *Jornada Anual de Producción Animal. Unidad Experimental de Palo a Pique. 2 de octubre de 1997. INIA Treinta y Tres, p. 15-27.*
- RÍOS, A.; FORMOSO, F.; PANIZZA, C. y BONINO, F.** 1998. Siembra directa y convencional de pasturas en praderas degradadas a *Cynodon dactylon*. 6° Jornada Nacional de Siembra Directa, Mercedes, 8 de octubre de 1998, AUSID, INIA, Prenader, ARS, 12p.
- RÍOS, A.** 2006. Control integrado de gramilla en sistemas de siembra y laboreo convencional. In: Día de Campo Control Integrado de Gramilla (2006, La Estanzuela, Colonia, UY). INIA. Serie Actividades de Difusión no. 458.
- RUSSELL, R.S.** 1977. Plant root systems: their function and interaction with the soil. London, McGraw-Hill. 298 p.
- SHEPPARD, I.A.** 1982. Evaluación de pasto bermuda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers. para la producción de carne vacuna. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 59 p.
- SOANE, B.D.** 1990. The role of organic matter in soil compactibility; a review of some practical aspects. *Soil and Tillage Research* 16: 179-201.
- UNGER, P.W.; KASPAR, T.C.** 1994. Soil compaction and root growth: a review. *Agronomy Journal* 86: 759-766.
- VEGA, J.E.** 1982. Renovación de pasturas dominadas por *Festuca arundinacea* o *Cynodon dactylon*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 102 p.
- WARREN, S.D.; NEVILLE, M.B.; BLACKBURN, W.H.; GARZA, N.E.** 1986. Soil response to trampling under intensive rotation grazing. *Soil Science Society of America Journal* 50: 1336-1341.
- ZHANG, Z.; XU, Z.; HAN, G.** 1989. A comparison of rotation and continuous-seasonal grazing systems. In *International Grassland Congress (16., 1989, Nice, FR). Proceedings. Versailles, AFPP-CNRA. p. 1259-1260.*