

V. INCIDENCIA DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL PERÍODO HÚMEDO Y DE LA CALIDAD DE LA SEMILLA SOBRE LA IMPLANTACIÓN DE DISTINTAS ESPECIES SEMBRADAS EN DIRECTA

INTRODUCCIÓN

La textura de los suelos franco arcillo limosa, con contenidos promedios de limo y arcilla de 57 y 34% respectivamente, determina que en ambientes húmedos sean muy plásticos y fácilmente degradables ante fuerzas externas.

La compactación es una característica indicadora de la degradación física del suelo. El aumento en la densidad aparente incrementa la resistencia mecánica a la penetración de las raíces, disminuye la porosidad, especialmente la cantidad, tamaño y continuidad de macroporos, generando ambientes más propensos a la deficiencia de oxígeno, deprime la capacidad de infiltración, etc.

Adicionalmente, la falta de laboreo en siembra directa aumenta la compactación del horizonte más superficial del suelo, zona donde se ubican las camas de siembra de las semillas.

El exceso de aplicaciones de glifosato durante el período libre de cultivo y/o pastura, con el objetivo de mantener más limpias las chacras, determina que los suelos queden más expuestos a la lluvia por menor cobertura vegetal, durante períodos más prolongados. Esta estrategia estimula la "desertización del suelo", degradando la zona más superficial, mayor compactación, pérdida de estructura, etc.

Los abresurcos, especialmente los de disco doble, en condiciones húmedas pueden compactar y formar una pátina lustrosa sobre las paredes del surco de siembra (comúnmente denominada por los productores

como espejado o lustre), disminuir el drenaje y formar costras, atributos que deprimen la aereación, infiltración, drenaje, los porcentajes de implantación y limitan el crecimiento vegetal.

El aumento de la carga animal como uno de los factores claves para elevar la rentabilidad de la actividad pecuaria modifica otra serie de variables relacionadas. El número más alto de animales por hectárea determina: mayor pisoteo, mayores dificultades para sacar el ganado de chacras y pasturas cuando no hay piso por exceso de precipitaciones, mayores demandas por alimento para el ganado. Este último factor induce a pastoreo de rastrojos, menores niveles de residuos y cobertura vegetal, mayor tráfico de maquinaria con transporte para acarreo de fardos y concentrados, maquinaria moderna, más grande, de mayor peso y capacidad de compactación.

Frecuentemente en producción y sobre todo en esquemas intensivos, los tomadores de decisiones se enfrentan a disyuntivas tales como: ¿con suelo húmedo, se prioriza no atrasar las siembras por el impacto que tiene sobre el rendimiento a la primer entrega de forraje y en el primer año, sobre todo considerando que cuando se enfrenta este problema, no se sabe por cuantos días van a registrarse precipitaciones, o se atrasa la siembra hasta que el suelo llegue a tenores de humedad adecuados para la misma, sin saber *a priori* la magnitud del atraso?

La estructura del suelo en un momento dado es el resultado del balance entre las variables degradativas, que repercuten negativamente, especialmente en los prime-

ros 5 a 10 cm, aumentando las dificultades de implantación de las especies y limitando el crecimiento vegetal y las fuerzas regenerativas. Entre estas, el crecimiento y muerte de raíces, la acción de la entomofauna y los ciclos de humedecimiento y secado del suelo son las más importantes.

La presencia de arcillas expansivas, a fines de primavera-verano, durante los períodos secos, origina contracciones en los suelos durante los procesos de secado y las fisuras internas que se producen tienen efectos descompactadores. Con el tiempo, este tipo de suelos compactados sembrados con pasturas, luego de varios ciclos de humedecimiento y secado tienden a recobrar su condición estructural "resiliencia estructural".

La información nacional, en situaciones de sistemas intensivos de producción de carne en siembra directa, referente al impacto de la compactación del suelo, etc., evaluado a través de las respuestas con diferentes especies es muy escasa.

El objetivo de los trabajos realizados consiste en reportar respuestas sobre una base cuantitativa, para orientar y estimular trabajos que permitan trazar estrategias futuras que anulen o aminoren el proceso actual de deterioro de la estructura de la zona más superficial de los suelos, dentro de sistemas de producción, que ya adoptaron la siembra directa.

DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Los suelos, especies, densidades de siembra, determinaciones, metodología aplicada, localización de los experimentos, etc., fue similar a la relatada en los trabajos previos de esta publicación.

En las situaciones que se evaluó la implantación de especies con suelo compactado (C) y sin compactar (SC), el tratamiento de compactación corresponde a la zona pisada por los neumáticos del tractor. Este efecto se evaluó en los años que durante la siembra, por la humedad del suelo, el neumático del tractor marcaba.

En el 2005, dos días previos a la siembra, se regó parte del área experimental con

el objetivo de generar dos situaciones de chacra: suelo con humedad adecuada para la siembra y suelo húmedo donde la cubierta del tractor marcaba el suelo.

Las siembras se realizaron sobre rastros bajos de sorgo, con una sembradora de directa de 16 líneas, John Deere modelo 750, tirada por un tractor de la misma marca, modelo 3650, 4 por 4, con agua en los 4 neumáticos.

Las densidades de siembra y el número de semillas sembradas por metro lineal de surco se indican en la sección de resultados, última columna del cuadro 1.

La implantación se evaluó por el área cubierta en el surco de siembra por la especie sembrada, expresada en porcentaje, medida en períodos pos siembra que fueron variables con los experimentos. Para esta determinación se contabilizaron todos los surcos de cada parcela en toda su extensión. Los porcentajes fueron analizados utilizando transformación angular.

Se optó por evaluar implantación mediante el área cubierta por la especie sembrada, conociendo las restricciones metodológicas que tiene la misma, debido a su facilidad y menores requerimientos de mano de obra que la determinación del número de plantas.

En abril de 2004 se sembró en directa un experimento con el objetivo de evaluar la performance de diversas especies sobre suelo compactado y sin compactar. En esta situación se evaluaron los rendimientos de materia seca durante el año de implantación y el segundo año, hasta noviembre de 2005.

En septiembre de 2004 se evaluó densidad aparente y velocidad de infiltración (Permeámetro de Guelph). Las densidades aparentes, valores promedio, máximo y mínimo fueron en el tratamiento de suelo compactado (C) de 0 a 8 cm: 1.37 - 1.48 y 1.31, en C de 8 a 16 cm: 1.45 - 1.50 y 1.39, en el suelo sin compactar (SC) de 0 a 8 cm: 1.25 - 1.30 y 1.20, en SC de 8 a 16 cm: 1.38 - 1.49 y 1.31 g/cm³ respectivamente. La velocidad de infiltración en C fue 9 veces menor que en SC.

En junio de 2005, sobre un barbecho de soja, se sembró en directa lotus cv INIA Draco y Festuca cv Estanzuela Tacuabé con

Cuadro 1. Porcentaje de área cubierta por la especie sembrada sobre el surco de siembra en suelo compactado (C) y sin compactar (SC).

Siembra	29 MAYO 2001		7 JUNIO 2003		12 JUNIO 2005				Densidad de siembra kg/ha y Nº de semillas por metro
	70		97		74				
	C	SC	C	SC	Suelo húmedo		Humedad adecuada		
C					SC	C	SC		
Trigo	81	96	64	98	33 d	41 c	71 b	89a	120-61
Avena	88	94	84	100	-	-	-	-	120-69
Rg 284	97	98	100	100	51a	54a	53a	61a	15-128
Rg Titán	92	95	73	89	-	-	-	-	15-82
Festuca	92	95	68	77	33 c	47 b	52 b	69a	15-105
Dactylis	81	92	54	72					15-138
Holcus	85	95	-	-					5-306
T.blanco	88	93	71	96	38 c	47 b	52 b	61a	5-140
T.rojo	83	94	65	99					15-125
Calipso	85	95	-	-	-	-	-	-	15-118
Lotus	87	91	72	81	59 b	63 b	72a	77a	15-209
Alfalfa	66	89	48	66	18 c	31 b	35 b	58a	15-135
Medias	85	94	70	88	39	47	56	71	-

Medias en rojo difieren significativamente al nivel P<0.01, en verde al nivel P<0.05 y en negro no difieren P>0.05. En el 2005, medias con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente al nivel P<0.05.

una sembradora de directa, John Deere, modelo 750, regulada para sembrar a tres profundidades: 9 – 18 y 27 mm más una siembra en cobertura (discos levantados).

La semilla sembrada fue cosechada a inicio de diciembre de 2004 (festuca) y a mediados de enero de 2005 (lotus). Ambas fueron maquinadas de tal forma de obtener tres tamaños en cada una. Los pesos de mil semillas expresados en gramos fueron: en lotus, 0.81 – 1.21 y 1.42 y en festuca, 1.87 – 2.21 y 2.58. Los porcentajes de germinación tanto para festuca como lotus, se ubicaron entre 86 y 93%.

El número de semillas sembrado por metro de surco en cada situación se contabilizó mediante contajes de la misma colocada sobre el suelo con los abresurcos levantados.

Se evaluó porcentaje de implantación a los 68 días pos siembra. Este se calculó a partir del número de semillas sembrados por metro de surco, en cada lote, ajustados a 100% de germinación, en relación al número de plántulas obtenido.

El experimento evaluó: 2 especies por 3 pesos de mil semillas por 4 profundidades de siembra por 5 repeticiones.

Adicionalmente en festuca y lotus se relacionaron diferentes tamaños de semillas con peso, altura de plántulas, y porcentaje de implantación. En lotus se trabajó con PMS de 0.78 – 0.86 – 1.21 y 1.42g mientras que en festuca fueron: 1.87 – 2.21 – 2.58 y 2.79g. La siembra se realizó en el campo, de 300 semillas por tamaño, a 9mm de profundidad. El ensayo fue regado con 30 milímetros el día de siembra. Estos experimentos fueron instalados próximos a los descriptos anteriormente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Efectos de la compactación y humedad del suelo al momento de la siembra

En el cuadro 1 se resume la información recabada de tres experimentos. Los efectos de la compactación del suelo sobre el área cubierta de las especies, varió con especies y años.

A pesar de no haberse cuantificado la humedad del suelo en los primeros 10 cm de perfil durante las siembras, se puede

considerar que en los tres años se sembró sobre suelo húmedo y que los tenores de humedad del suelo aumentaron del 2001 al 2005.

Una estimación general del impacto de la compactación en los distintos años, esta dada por las medias generales de área cubierta para las especies estudiadas en cada año, que se reportan en la última fila del cuadro 1.

Las depresiones del área cubierta en los tratamientos denominados con compactación comparativamente con SC, aumentaron con los tenores de humedad del suelo, es decir, del 2001 al 2005.

Obviamente, a mayor humedad del suelo, aumenta la compactación y sus efectos nocivos sobre la germinación y/o crecimiento inicial de las especies, midiéndose este estrés, mediante su repercusión sobre las áreas cubiertas desarrolladas. Esto explica

los aumentos en las magnitudes de las diferencias entre las áreas cubiertas de C versus SC registrados del 2001, (10%), 2003, (21%) al 2005, (45%).

Con gramíneas, raigrás 284 fue la única especie que no alteró el área cubierta debido a la compactación del suelo. Raigrás Titán, mientras que en el 2001 no fue afectado ($P > 0.05$), en el 2003, con mayor compactación, la redujo ($P < 0.05$).

Trigo presentó un comportamiento que lo ubica como la gramínea más sensible en términos de área cubierta frente a la compactación, es decir, fue la que registró las mayores diferencias entre el ambiente más favorable (SC) y menos propicio (C). Quizás este aspecto justifique el rechazo que algunos agricultores trigueros tienen en pastorear las chacras que van a seguir con trigo (figura 1).



Trigo sembrado sobre suelo muy húmedo donde la semilla queda mal tapada.



Festuca sembrada en directa sobre suelo con contenido adecuado de humedad a la siembra. Rastrojo de sorgo infestado de Digitaria.



Siembra directa sobre suelo excesivamente húmedo

Figura 1.

Considerando las leguminosas, con la excepción de lotus que produjo áreas cubiertas similares ($P > 0.05$) en el 2001 y 2003, aunque las diferenció en el 2005, las restantes, deprimieron significativamente las áreas cubiertas en situaciones de suelo compactado. Dentro de ellas, alfalfa fue la especie más sensible, la que deprimió más su área cubierta en situaciones de compactación, cuadro 1.

En el 2005 exceptuando raigrás 284, de comportamiento indiferente, para las restantes especies, las depresiones del área cubierta aumentaron con el grado de compactación del suelo, asumiendo que este se elevó cuando un mismo peso se aplica sobre suelo con mayor contenido de humedad.

Los tratamientos aplicados en este experimento permiten ordenar a las especies por su sensibilidad a la compactación. Si se contrasta el ambiente más propicio (siembra con humedad adecuada sobre suelo sin compactar) versus el menos apto (siembra sobre suelo húmedo compactado) se verifican depresiones del área cubierta muy importantes entre ambos extremos, trigo - 63%, festuca - 52%, alfalfa - 69%, trébol blanco - 38% y lotus - 23 %.

La magnitud de estos parámetros evidencia claramente el impacto de la compactación - exceso de humedad del suelo, sobre las etapas iniciales de germinación, crecimiento y desarrollo de las especies, y las diferencias existentes entre ellas.

Las respuestas obtenidas en la siembra sobre suelo húmedo sin compactar, con resultados globales tendencialmente inferiores a los del tratamiento de suelo compactado, pero sembrado en condiciones adecuadas de humedad del suelo (47 versus 54), alertan sobre la importancia del problema. En algunas especies como trigo, lotus, las diferencias entre las áreas cubiertas en ambos tratamientos difieren ($P < 0.05$), trigo nuevamente manifestó su sensibilidad ante esta situación.

Las depresiones productivas iniciales causadas por la compactación (anoxia, resistencia mecánica, etc.) repercuten sobre

la precocidad de las especies, tal como se reportó en el trabajo II de esta publicación.

La magnitud de la depresión productiva inicial, dependiendo de la sensibilidad diferencial de las especies, puede manifestarse deprimiendo la precocidad, el rendimiento total del primer año, en las perennes además, con intensidades y/o duraciones altas del estrés, puede perpetuarse sobre el segundo y/o tercer año.

Algunas especies con alto reservorio de yemas, y advenimiento de buenas condiciones de ambiente, pueden desarrollar tasas de recuperación muy altas, "crecimiento compensatorio" y recuperarse del estrés inicial de compactación luego de un período (figura 2).



Figura 2. Discontinuidad en la implantación de alfalfa en las zonas pisadas por el neumático de la sembradora y del tractor. Siembra directa sobre suelo húmedo.

En el cuadro 2 se reporta información que ilustra lo relatado precedentemente.

En una chacra del sistema de producción intensiva de carne, con historia previa de siembra directa, luego de un cultivo de trigo para grano, cuyo rastrojo permaneció en barbecho hasta el otoño siguiente, se seleccionaron 6 áreas compactadas (C) por el tráfico de maquinaria y vehículos "camino" y apareadas a las mismas, zonas que se denominaron arbitrariamente sin compactación (SC). Sobre las mismas, se sembraron en directa, en abril de 2004, diversas especies y se evaluaron rendimien-

Cuadro 2. Evolución de los rendimientos de forraje (kgMS/ha) de diferentes especies forrajeras sembradas en directa sobre suelo compactado (C) y sin compactación (SC).

	Festuca		Dactylis		T. blanco		T. rojo		Lotus		Alfalfa	
	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC	C	SC
10/9	70	320	150	440	80	120	80	820	90	450	20	250
20/10	280	480	960	1280	480	1130	490	1460	520	1050	20	450
30/11	510	730	700	940	1440	1620	1550	1670	1210	1570	380	1200
20/1	690	880	920	1070	1000	1020	1310	1380	2260	2180	420	1830
20/3	750	740	1410	1320	1180	1190	1660	1720	1880	1970	690	1590
10/6	540	500	680	740	960	980	1360	1410	770	730	470	1040
10/8	790	860	550	820	900	820	980	820	600	630	1330	1650
30/9	1970	1950	1100	1210	1270	1230	1930	1920	1560	1630	1400	2330
10/11	2110	2140	1510	1740	1630	1720	1990	1880	2390	2460	2460	2907

Dentro de cada especie y fecha de corte, los rendimientos en rojo indican que difieren significativamente al nivel $P < 0.05$ entre C y SC, en negro no difieren $P > 0.05$.

tos de forraje. Al momento de la siembra, el suelo presentaba una cobertura vegetal del rastrojo de trigo de 22 y 13% para SC y C respectivamente.

La siembra se realizó en condiciones óptimas de humedad del suelo.

Las diferencias en compactación superficial, en promedio fueron casi un 10% superiores en C respecto a SC, en tanto que la velocidad de infiltración fue 9 veces menor en C comparativamente con SC.

La evolución de las diferencias en la capacidad de producción de cada especie en situación de C versus SC, mide el impacto del estrés directamente con las plantas. Estas difirieron en su comportamiento frente a la compactación.

Como hecho general se resalta que todas las especies manifestaron depresiones productivas (kgMS/há) muy importantes en las primeras etapas de crecimiento, aunque con diferencias entre ellas. Este aspecto, a nivel de rotaciones forrajeras significa en primera instancia que la precocidad de las especies puede ser alterada drásticamente por la compactación, razón por la cual, cuando se estiman las producciones de forraje, por lo menos en predios intensivos, de altas cargas animales, este factor debería ser ponderado.

Al primer corte festuca se mostró más sensible que dactylis, disminuyendo por

compactación su rendimiento en un 79 %, en tanto dactylis, un 66%. Además, festuca requirió de un mayor período (20/3) que dactylis (20/1) para producir en la situación de C cantidades similares de forraje que en el tratamiento SC, es decir, período de recuperación del estrés, en que la especie produce a niveles inferiores.

Trébol blanco fue la especie menos afectada por la compactación, bajando su producción al primer corte en un 34%, en tanto trébol rojo, lotus y alfalfa fueron fuertemente afectados, disminuyendo los rendimientos en 91, 80 y 92% respectivamente.

Las leguminosas también se diferenciaron en el tiempo requerido para reponerse del estrés de compactación, mientras que trébol blanco y rojo, al 30/11 lo superaron, lotus recién logró superar el problema el 20/1.

Alfalfa, la especie más sensible a la compactación, anoxia y exceso de humedad, perdió a causa de estos problemas un número de plantas tal, que afectó en forma permanente la productividad de la pastura en relación a la situación de siembra de suelo sin compactar.

Interesa resaltar que las grandes depresiones productivas iniciales que origina la compactación sobre el crecimiento inicial de las especies, evidentemente afecta la precocidad de las mismas. En este sentido, trébol rojo, es una forrajera que normalmente

se incluye en sistemas intensivos de producción, priorizando uno de los atributos resaltables que presenta, su precocidad.

Estos esquemas intensivos, que requieren altas cargas animales y frecuentemente como factor asociado a las mismas, presentan suelos más compactados, deben considerar la susceptibilidad de las forrajeras a la compactación y especialmente con trébol rojo.

Ante este problema, seguramente no cumpla con los niveles de producción que se le requieren, por lo menos en precocidad, cuando técnicamente se incluye en la rotación.

Alfalfa, (figura 3) sin duda es la especie más susceptible a este problema y la información aquí reportada vuelve a corroborar este aspecto. Sirve además para ejemplificar, que la compactación puede afectar persistentemente durante toda la vida útil de la pastura su productividad.



Figura 3. Leguminosas en agosto del segundo año, excepto alfalfa que en zona compactada presenta menor población, las restantes especies no diferencian crecimiento entre C y SC.

La depresión productiva permanente que se registró en la pastura de alfalfa se explica por la pérdida importante de parte de la población. El bajo número de plantas por metro de surco que persistió (4.3) en la situación C, difiere de las 7.9 plantas/m en SC y explican las diferencias de rendimiento de forraje.

Sin considerar alfalfa, especie cuyo stand fue afectado en forma permanente, por tanto no recuperó su potencial productivo, con las restantes forrajeras vuelve a verificarse un evento ya relatado en trabajos previos de esta publicación.

Entre fines de primavera y/o verano según las especies, es decir, cuando el suelo comienza a secarse, agrietarse, etc., las forrajeras comienzan a equiparar los rendimientos entre los tratamientos con y sin compactación de suelo, cuadro 2.

Con los niveles de compactación que se trabajó, esta afectó a la mayoría de las especies, el grado de afectación varió con las mismas, en general casi siempre deprimió la precocidad. En las anuales estos efectos pueden repercutir hasta final del ciclo, en las bianuales y perennes, durante fines de primavera-verano, cuando el suelo se agrieta, las especies recuperan su capacidad de producción, salvo hayan ocurrido daños permanentes, pérdida de un porcentaje importante de la población.

En condiciones comerciales, los resultados previamente reportados, sobre todo las diferencias en áreas cubiertas, porcentajes de implantación, rendimientos de materia seca, etc., entre situaciones de siembra sobre suelo C y SC pueden aumentarse por muchos factores, se enfatizaran tres que se consideran sumamente importantes de tenerlos en cuenta.

En primer lugar, todas las siembras se realizaron con una sembradora provista de un tren de siembra monodisco liso angulado. Según la información disponible, en situaciones de siembras sobre suelos húmedos, plásticos, presenta mejor performance en términos de implantación, crecimiento inicial, etc., que las sembradoras provistas de abresurcos compuestos por discos dobles desfasados (figura 4).

Bajo estas situaciones, se considera que los abresurcos de doble disco tienden a compactar más, y crear más pátinas y/o costras sobre las paredes del surco, en la zona próxima a la semilla, creando un ambiente más adverso para la aereación, drenaje e infiltración que el disco liso, simple, angulado.

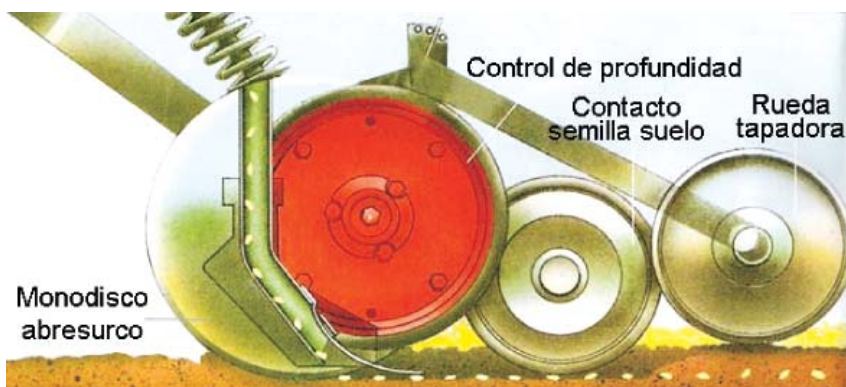


Figura 4.

Abresurco, monodisco liso angulado a 7 grados

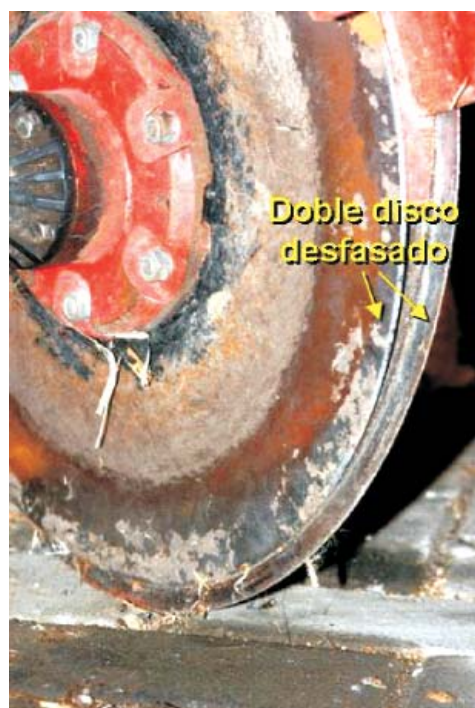
Sin embargo en condiciones comerciales se observan excelentes implantaciones de pasturas sembradas tanto con sembradoras provistas de abresurcos monodisco, doble disco enfrentados o desfasados.

Un segundo aspecto a resaltar, especialmente con semillas pequeñas como las de muchas forrajeras, también relacionado con el tren de siembra, radica en la seguridad que ofrece la rueda de control de profundidad de siembra cuando va posicionada muy próxima al abresurco. Esta característica posibilita asegurar profundidades de siembra correctas y uniformes por buena capacidad de copiado del terreno en la zona que cae la semilla.

Un tercer factor que interacciona con el segundo aspecto comentado anteriormente se refiere a la calidad de la semilla utilizada.

CONSIDERACIONES GENERALES

- La magnitud de las diferencias entre las áreas cubiertas de las especies sembradas sobre suelo compactado versus sin compactar, varió con las especies y los años, aumentando con los tenores de humedad del suelo, de 10% en 2001, a 21% en 2003, a 45% en 2005.
- Raigrás 284 fue la única especie que no alteró el área cubierta debido a la compactación del suelo.
- Entre tratamientos extremos de siembra sobre suelo compactado versus sin compactar se verificaron diferencias muy importantes en el área cubierta: de 63% en trigo, 52% en festuca, 69, 38 y 23% para alfalfa, trébol blanco y lotus respectivamente.
- Todas las especies deprimieron sus rendimientos de forraje, en cantidades importantes en las primeras etapas de cre-



Abresurco tipo doble disco desfasado

cimiento, aunque con diferencias entre ellas, consecuencia de la compactación.

- Las depresiones de rendimiento fueron de 79, 66, 34, 91, 80 y 92% para festuca, dactylis, trébol blanco, rojo, lotus y alfalfa respectivamente, durante el período en que los rendimientos del tratamiento C fueron significativamente inferiores al SC.
- Los períodos en que las especies se recuperaron del estrés causado por compactación (rendimientos de forraje de C = SC) variaron con las mismas, los mas cortos correspondieron a tréboles blanco y rojo, alfalfa presentó daños permanentes en la productividad de su stand, las restantes especies fueron intermedias.
- La compactación puede alterar drásticamente la precocidad, por tanto, cuando se estiman las producciones de forraje, por lo menos en predios intensivos, este factor debería ser ponderado especialmente.
- Trébol rojo, especie muy utilizada por su precocidad, deprime fuertemente su producción inicial por compactación.
- Entre fines de primavera y/o verano según las especies, es decir, cuando el suelo comienza a secarse, agrietarse, etc., las forrajeras comienzan a equiparar los rendimientos entre los tratamientos con y sin compactación de suelo.

2. Efectos de la calidad de la semilla sobre los porcentajes de implantación

En el trabajo II de esta publicación se hace referencia al peso de mil semillas de los lotes utilizados en los experimentos. Puesto que siempre se utilizó semilla nueva de buena calidad, vigor, etc., cuando en situaciones comerciales se utilicen semillas de menor calidad, probablemente los resultados que se obtengan sean inferiores a los informados en esta publicación.

En los cuadros 3 y 4 se reportan para dos especies, el impacto que sobre la implantación tiene un aspecto de la calidad de las semillas, como es el peso de mil semillas.

El tamaño de las semillas está relacionado con el peso de la misma. En general, a mayor peso, mayor tamaño, mayor velocidad de germinación, mayor vigor de plántulas, mayores porcentajes de implantación, mayor producción de raíces, menor tiempo para iniciar el crecimiento de tallos, mayor sobrevivencia bajo ambientes estresantes, etc.

Estas características se traducen en la práctica en menores riesgos de perder las pasturas, mayores tasas de crecimiento inicial y mayor precocidad en entregar rendimientos de materia seca, superiores.

Cuadro 3. Efectos del tamaño de la semilla (PMS) sobre la altura, peso de plántulas y porcentaje de implantación en Lotus INIA Draco y Festuca Estanduela Tacuabé sembrados en el campo a 9 mm de profundidad.

Lotus INIA Draco				Festuca E. Tacuabé		
PMS	A	P100	%I	PMS	P100	%I
0.78	17	2.17	29	1.87	0.94	31
0.86	21	2.40	34	2.21	1.09	47
1.21	25	3.01	53	2.58	1.54	53
1.42	27	3.50	59	2.79	1.81	56
MDS	3	0.42	6	-	0.11	3.6

PMS = peso de mil semillas (g), A = altura (mm), P100 = peso de 100 plántulas (mmg), %I = porcentaje implantación. En verde se indica para cada especie un PMS considerado estándar.

En lotus y festuca, sembrados a 9 mm de profundidad, se verificaron aumentos muy importantes en la capacidad de crecimiento inicial, estimada por la altura y peso de plántulas y en los porcentajes de implantación, en la medida que aumentó el tamaño de las semillas, cuadro 3

Entre el menor y mayor tamaño de semilla, los porcentajes de implantación aumentaron 103 y 80 % para lotus y festuca respectivamente, magnitudes que dejan claramente de manifiesto la importancia de esta variable para la obtención de buenas poblaciones.

En *Lotus corniculatus*, pesos de mil semillas bajos, del orden de 0.78 o 0.86 gramos son reales en condiciones de producción de semilla en períodos secos. También este tipo de semillas livianas, de mala calidad, se encuentran en el mercado en proporciones variables, muchas veces importantes, en lotes de semilla sin etiquetar, sea las de uso propio del productor, o las comercializadas ilegalmente, denominadas comúnmente “bolsa blanca”.

Con festuca, ocurren situaciones similares a las descritas para lotus. La semilla liviana evaluada, de PMS = 1.87 g, también es común cuando durante el período de llenado de semilla en festuca, octubre-noviembre, es seco, o en lotes sin etiqueta.

Los resultados obtenidos con la siembra realizada con maquinaria similar a la usada comercialmente se informan en el cuadro 4. En general, aumentos en el tamaño de semilla, mejoraron sustancialmente los por-

centajes de implantación, con incrementos de 94 y 125 % para lotus y festuca respectivamente.

Aumentos en las profundidades de siembra de 9 – 18 a 27mm deprimieron las implantaciones de ambas especies, sin embargo, las disminuciones no fueron lineales, ya que tamaño de la semilla interactuó con profundidad de siembra ($P < 0.05$).

La interacción entre ambas variables se generó por cambios en las magnitudes de respuesta. En las dos especies, las semillas de menor vigor, las de menor tamaño, en la medida que se aumenta la profundidad de siembra deprimen en dimensiones muy superiores el número de plantas obtenido (porcentaje de implantación), al punto que podrían considerarse casi pasturas perdidas, comparativamente con las semillas de mayor tamaño.

Cuando se eleva el tamaño de las semillas, su vigor aumenta y las muertes de plantas frente a mayores profundidades de siembra son menores, cuadro 4.

En las siembras en cobertura, en lotus, los porcentajes de implantación fueron para cada tamaño de semilla, en general menores que la siembra en líneas a 9mm y superiores a la sembrada a 18mm de profundidad.

Lotus, también cuando es sembrado en cobertura con semillas de bajo peso, presenta alta mortalidad de plántulas y fracasos en la emergencia de las mismas, o sea, bajos porcentajes de implantación.

Cuadro 4. Efectos del tamaño de la semilla y la profundidad de siembra sobre los porcentajes de implantación a los 68 días pos siembra, en lotus y festuca.

PMS	Lotus INIA Draco					Festuca Estanzuela Tacuabé					
	9	18	27	Cob	Media	PMS	9	18	27	Cob	Media
0.81	33	8	5	28	18	1.87	41	31	2	8	20
1.21	44	21	17	41	31	2.21	64	58	28	21	43
1.42	48	29	26	39	35	2.58	66	62	33	20	45
Media	42	19	16	36	-	-	57	50	21	16	-

PMS = peso de mil semillas (g). 9 – 18 – 27 = profundidades de siembra (mm), Cob: siembra en cobertura. Lotus, MDS 5% de: profundidades de siembra = 5.1, tamaños de semilla (PMS) = 3.9, profundidades de siembra x tamaños de semilla = 4.6, en Festuca, los valores fueron: 6.6, 3.7 y 5.4 respectivamente.

La implantación de festuca es afectada negativamente cuando se siembra en cobertura, comparativamente con la siembra en líneas a profundidad adecuada, y la pérdida de plántulas es muy elevada cuando se siembra semilla de bajo peso, cuadro 4.

Con festuca, se pueden obtener buenas poblaciones con siembras en cobertura a partir de semilla de buena calidad, sin embargo, en líneas se obtienen mejores resultados.

De acuerdo con la información recabada, con semillas de bajo peso en festuca habría que sembrar 5 veces más semilla en cobertura comparativamente con líneas a 9mm, en tanto con semillas de calidad normal, PMS = 2.2 la relación es de 3 a 1.

Los resultados relatados precedentemente ponen claramente de manifiesto la importancia que tiene el uso de buena semilla, por su alto impacto en las implantaciones, etc., sin embargo, frecuentemente este aspecto es subvalorado por productores que priorizan precio sobre calidad.

CONSIDERACIONES GENERALES

- La calidad de la semilla fue un atributo de alto impacto en determinar los porcentajes de implantación de lotus y festuca en siembra directa.
- A medida que incrementó el peso de 1000 semillas, aumentó la altura, peso de plántulas, velocidad de crecimiento inicial y porcentajes de implantación.
- En lotus, entre la semilla liviana y pesada se registraron aumentos en la altura de plántulas de 59%, en el peso de plántulas de 61% y en el porcentaje de implantación de 103%.
- En festuca, entre la semilla liviana y pesada se verificó un aumento en el peso de plántulas de 92% y en el porcentaje de implantación de 81%.
- El peso de 1000 semillas interaccionó con la profundidad de siembra, la semilla de menor peso sembrada a la mayor profun-

dad de siembra, determinó muy bajos porcentajes de implantación.

- El impacto agronómico del uso de semilla de buena calidad fue muy alto sobre algunos factores que son claves para aumentar la producción inicial, precocidad de pasturas: mayor número de plantas, de mayor peso y tamaño, y en bajar los riesgos de malas implantaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- AUGSBURGER, H.K.M.** 1998. Maquinaria para siembra directa en sistemas agrícola-ganaderos. INIA La Estanzuela, Serie Técnica N° 99, 89pp.
- BAKER, C.J.; SAXTON, K.E.; RITCHIE, W.R.** 1996. No-Tillage Seeding. Science and Practice. CAB International, 1996. 258pp.
- BLACKWELL, P.S.; GRAHAM, J.P.; ARMSTRONG, J.V.; HOWSE, K.R.; DAWSON, C.J. AND BUTLER, A.R.** 1985. Compaction of a silt loam by agricultural vehicles. I. Effects upon soil conditions. Soil & Tillage Research, 7, 97-116.
- 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, 213-22.
- DEXTER, A.R.** 1986. Model experiments on the behaviour of roots at the interface between a tilled seed-bed and a compacted sub-soil. I. Effects of seed-bed aggregate size and sub-soil strength on wheat roots. Plant Soil, 95, 123-33
- GRAHAM, J.P., BLACKWELL, P.S., ARMSTRONG, J.V., CHRISTIAN, D.J., HOWSE, K.R., DAWSON, C.J AND BUTLER, A.R.** 1986. Compaction of a silt loam by wheeled agricultural vehicles. II. Effects on growth and yield of direct-drilled winter wheat. Soil & Tillage Research, 7, 189-203.
- SOANE, B.D., BLACKWELL, P.S., DICKSON, J.W., PAINTER, D.J.** 1981. Compaction by agricultural vehicles: a review. I. Soil and wheel characteristics. Soil and Tillage Research 1, 207-37.
- UNGER, P.W, KASPAR, T.C.** 1994. Soil compaction and root growth: a review. Agronomy Journal 86, 759-66.