

# INTENSIFICACION EN LA PRODUCCION DE FORRAJES Y SU IMPACTO EN LA RESISTENCIA A LA PENETRACION VERTICAL DEL SUELO

Javier Elisei\*<sup>1</sup>, Oscar Bertin<sup>1</sup>

**Palabras clave:** tránsito agrícola, riego, soja, maíz.

En el presente trabajo de investigación se evaluaron los efectos de la intensificación de la producción de forrajes sobre la condición física del suelo a través de diferentes secuencias de cultivo de verano con y sin riego. Los tratamientos bajo riego impactaron negativamente la condición física del suelo en el rango de profundidad 5-15 cm, situación atenuada por la presencia de gramíneas.

## INTRODUCCION

La producción de forrajes en cantidad y calidad es un aspecto relevante en los sistemas pecuarios intensificados. Indistintamente de la actividad de estos sistemas, carne o leche, los efectos sobre los procesos y las propiedades del suelo son importantes para la sustentabilidad del mismo. El tránsito de la maquinaria agrícola para realizar las labores de siembra y cosecha de forrajes es muy intenso. Por otro lado, la biomasa aérea es extraída casi totalmente para la alimentación animal quedando sólo las raíces para favorecer los procesos de estructuración del suelo.

Asimismo, la inclusión de cultivos de gramíneas en la rotación debido al extenso sistema radical que genera en los primeros horizontes del suelo, puede atenuar los efectos del tránsito agrícola sobre la compactación del suelo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la condición física del suelo a través de la resistencia a la penetración vertical del suelo al aplicar diferentes secuencias de cultivos para forraje con y sin riego.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en la EEA INTA Pergamino en un Argiudol típico, serie Pergamino, capacidad de uso IIe. El horizonte A (0-20 cm) presentaba 23, 12 y 65 % de arcilla, arena y limo, respectivamente y 3,2 % de materia orgánica.

El diseño del experimento fue en parcelas divididas con tres repeticiones donde el factor agregado de niveles de agua fue la parcela principal y el cultivo de verano correspondió a la subparcela. Mientras que, el factor agua tuvo dos: con (CR) y sin riego (SR), el factor cultivo de verano presentó tres niveles: soja (S), maíz (M) y doble cultivo de maíz en el mismo ciclo (M-M) y avena como verdeo de invierno en el período 2013-2016. Todas las parcelas tuvieron alfalfa para corte durante el período 2010-2013.

El suelo de las parcelas regadas hasta 2016, en el rango de profundidad 0-20 cm presentaba 6,8 de porcentaje de sodio intercambiable (PSI) mientras que el suelo de las parcelas sin riego tenía 0,7 de PSI. En el mismo rango de profundidad los suelos de ambos tipos de parcelas presentaban valores inferiores a 0,14 decisiemens por metro ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de conductividad eléctrica (CE).

En la tabla 1 se detalla la producción de biomasa aérea total (materia seca) y el número de cortes para cada combinación de factores durante el período 2010-2016.

En la tabla 2 se presenta la intensidad de tránsito agrícola acumulado (ITA) para cada combinación de factores entre los años 2010 y 2016. Se tuvo en cuenta las máquinas utilizadas para las labores de siembra y cosecha de forrajes de los cultivos de invierno y verano durante el período 2010 y 2016.

1- INTA CRBAN EEA Pergamino. CC31 CP 2700, Pergamino, Buenos Aires.

\*[elisei.javier@inta.gob.ar](mailto:elisei.javier@inta.gob.ar)

**Tabla 1.** Biomasa aérea total y número de cortes en las diferentes combinaciones de factores entre los años 2010 y 2016 en las secuencias de cultivos con dos niveles de agua.

Factores		2010-2016	
Agua	CV	BAT (tn ha <sup>-1</sup> )	Nro. cortes
CR	S	97,7	48
CR	M	133,4	44
CR	M-M	146,5	37
SR	S	85,8	48
SR	M	113,7	44
SR	M-M	122,6	37

CR: con riego. SR: sin riego. S: Soja. M: maíz. M-M: maíz-maíz. CV: cultivo de verano

El cálculo del ITA por labor se hizo en base a la siguiente fórmula:

$$ITA = [(Peso\ de\ la\ máquina <t> * 10) \div Ancho\ de\ labor <m>]$$

**Tabla 2.** Intensidad de tránsito agrícola acumulado en las diferentes combinaciones de factores entre los años 2010 y 2016.

Factores		2010-2016
Agua	CV	ITA (t km <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> )
CR	S	686,4
CR	M	603,2
CR	M-M	548,6
SR	S	686,4
SR	M	603,2
SR	M-M	548,6

CR: con riego. SR: sin riego. S: Soja. M: maíz. M-M: maíz-maíz. CV: cultivo de verano

La resistencia a la penetración vertical (RP) fue medida con un penetrómetro de golpes. El mismo presentaba una punta cónica de 60° y 22 mm de diámetro y una pesa de 2 kg con una longitud de recorrido de 0,5 m. Fueron tomadas 9 sub-muestras en forma de transecta cada 30 cm cortando el tránsito de la parcela. Los datos de penetrometría fueron corregidos a 23 % de humedad gravimétrica y presentados como número de golpes para penetrar rangos de profundidad de suelo de 5 cm en los intervalos de profundidad 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35 y 35-40 cm. Los datos fueron tomados durante el otoño 2016 al final del experimento.

Los resultados de RP fueron analizados separadamente para cada nivel de profundidad mediante ANVA con el programa estadístico InfoStat (Di

Rienzo, 2010), efectuándose la comparación de medias a través del test de diferencias mínimas significativas (LSD; p<0,05).

## RESULTADOS

En la tabla 3 sobre las tres últimas filas se presenta la significancia o no de los efectos de los factores nivel de agua, cultivo de verano y la interacción de ambos, sobre la resistencia a la penetración vertical para cada uno de los rangos de profundidad evaluados.

En los primeros 5 cm de profundidad las diferentes secuencias de cultivos de verano con o sin riego no evidenciaron efectos sobre la condición física del suelo.

Entre 5 y 10 cm de profundidad, CR-S generó considerables efectos sobre la condición física del suelo presentando los mayores valores significativos de RP (p<0,05). Mientras que, las combinaciones de factores que eran sin riego tuvieron los valores de RP más bajos sin diferenciarse estadísticamente de CR-M (p>0,05).

En el intervalo 10-15 cm, y dentro de los cultivos con riego, presentó la misma tendencia que en el intervalo anterior. Mientras que, en los cultivos de verano sin riego SR-S y SR-M tuvieron los menores valores de RP (p<0,05).

En el rango 15-20 cm los cultivos de verano bajo riego presentaron los menores efectos sobre la compactación del suelo. Mientras que, los cultivos de verano M-M también presentaron los menores efectos sobre la condición física del suelo (p<0,05); tendencia que se repite en el intervalo de profundidad 20-25 cm.

En el intervalo 25-30 cm hubo efectos de los tratamientos siendo los mayores valores de RP de SR-S, SR-M y CR-S (p<0,05), mientras que, los menores valores fueron para CR-M, SR-M-M y CR-M-M (p<0,05).

Entre 30 y 35 cm de profundidad CR-M y SR-M-M presentaron los menores valores de RP. Mientras que, los mayores valores fueron para CR-S y SR-M.

En el rango 35-40 cm SR-M-M y CR-M presentaron los menores efectos sobre la condición física del suelo. Mientras que, CR-M-M, SR-M, SR-S y CR-S tuvieron los mayores valores significativos de RP (p<0,05).

## DISCUSION

A nivel superficial la capacidad de dilatación y contracción del suelo y la actividad biológica relacionada a los aportes de materia vegetal aérea y

**Tabla 3.** Resistencia a la penetración vertical en las diferentes combinaciones de factores, agua y cultivo de verano (soja, maíz, maíz-maíz) en los intervalos de profundidad.

Tratamientos		Resistencia a la penetración vertical (golpes cada 5 cm)							
		Intervalos de profundidad (cm)							
Agua	CV	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40
CR	S	6,53	11,97 c	12,33 c	8,73	8,87	8,83 bc	9,7 c	11,57 bc
	M	5,5	7,37 ab	9,93 b	6,33	6,7	6,5 a	5,87 a	8,77 ab
	M-M	6,47	9,07 b	8,93 b	5,63	5,7	8,37 ab	8,43 bc	12,93 c
SR	S	5,57	6,3 a	7,2 a	8,9	8,57	10,1 c	9,03 bc	12,4 c
	M	5,47	6,6 a	7,3 a	8,83	7,97	10,2 c	9,23 c	12,77 c
	M-M	6,47	6,73 a	8,77 b	6,87	7,47	7,1 ab	6,73 ab	8,13 a
ANOVA									
	Agua				*				
	CV				*	*			
	Agua*CV		*	*			*	*	*

CR: con riego. SR: sin riego. S: Soja. M: maíz. M-M: maíz-maíz. CV: cultivo de verano

no aérea explican que no haya diferencia entre los tratamientos.

En el intervalo 5-15 cm de profundidad se observa el impacto negativo sobre el suelo en la situación con riego y cultivo de verano soja superando los 8 golpes cada 5 cm, valores que afectan al desarrollo de raíces (Treadgill, 1982). La humedad de suelo generada por el riego lo hace susceptible (baja capacidad portante) a la alta intensidad de tránsito agrícola. El bajo aporte de biomasa aérea total y por ende materia seca no aérea por parte del cultivo de soja no ayuda a atenuar el problema. Asimismo, los cultivos de verano con gramíneas bajo riego atenuaron estos efectos.

El mayor PSI y la baja CE en el suelo de las parcelas con riego en el rango 5-15 cm de profundidad podrían explicar los mayores valores de RP como consecuencia de la dispersión de coloides que produce el catión sodio (Suarez et al, 2006).

En el intervalo 10-15 cm de profundidad los mayores valores de RP en SR-M-M comparado con SR-S y SR-M podrían ser explicados por el tránsito con alta humedad del suelo en la cosecha de forraje sobre el segundo maíz o al paso de tres veces con equipo de siembra muy pesado durante cada año.

Entre 15 y 25 cm de profundidad hay un efecto importante de las subparcelas M-M y M para mantener bajo los valores de RP. Probablemente las modificaciones de la estructura generadas por el mayor aporte de biomasa aérea y no aérea explican esta tendencia.

Algo para rescatar entre 15-20 cm son los menores valores de RP del suelo en las parcelas con riego en comparación con las que no tienen riego. Tal vez los estratos superiores más duros en las parcelas con riego atenúan hacia el estrato inferior inmediato los efectos negativos del tránsito.

Asimismo, entre 35 y 40 cm, los mayores valores de RP de CR-M-M en comparación a SR-M-M implican que el riego permitió profundizar los efectos del tránsito produciendo compactación subsuperficial.

Otros trabajos de investigación son requeridos para evaluar la influencia de la intensificación de la producción de forrajes sobre propiedades y procesos del suelo.

## CONCLUSIONES

La intensificación en la producción de forraje implicó efectos negativos sobre la condición física del suelo. En particular la presencia del cultivo de verano soja bajo riego presentó impactos negativos muy importantes en la condición física del suelo en todos los rangos de profundidad evaluados excepto en el intervalo de profundidad 0-5 cm.

Los mayores valores de RP en los tratamientos con riego hasta los 15 cm de profundidad fueron atenuados por la presencia de gramíneas en los cultivos de verano.

## BIBLIOGRAFIA

Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, I.; Tablada, M.; Robledo, C.W. 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

Suarez, D., J. Wood, and M. Lesh. 2006. Effect of SAR on water infiltration under a sequential rain-irrigation management system. *Agricultural Water Management* 86:150-164

Treadgill, E. 1982. Residual tillage effects as determined by cone index. *Transactions of the ASAE*. 25: 859-863, 867.<<