

Cría Bovina Intensiva (CBI) en campos de aptitud agrícola del sur de la provincia de Santa Fe. Evaluación de los efectos del pastoreo vacuno sobre propiedades del suelo y el rendimiento de los cultivos. (*)

Los suelos del sur de la provincia de Santa Fe son destinados predominantemente a la producción de cultivos agrícolas de verano (soja y maíz) bajo sistemas de siembra directa (SD). Este sistema productivo, únicamente basado en la agricultura, despierta serias dudas en cuanto a su sustentabilidad. Esta idea se basa en resultados de una serie de indicadores de salud o calidad de los suelos, como por ejemplo: a) el contenido de materia orgánica en los primeros 20 o 30 cm de los suelos, que no muestra aumentos importantes luego de varios años de SD continua (Álvarez et al. 2004, Micucci y Taboada en prensa, Sasal et al. en prensa); b) la aparición de formas estructurales no deseables en la superficie de los suelos, como los agregados y poros planares que se desarrollan en suelos de textura limosa (Álvarez et al. 2004, Sasal et al. en prensa); c) asociado con lo anterior las menores tasas de infiltración en estos suelos (Álvarez et al. 2004, Sasal et al. en prensa); d) la compactación superficial de algunos suelos manejados con SD continua (Fabbrizzi et al. 2005, Taboada et al. 1998, Thomas et al. 1996); y e) la evolución errática de la población de lombrices bajo SD (Álvarez et al. 2004).

Estas evidencias indican, que si bien la SD ha sido un sistema sumamente exitoso en cuanto a la facilitación de las tareas en el campo, el aumento de la escala de trabajo, el ahorro de combustible, y el mayor control de la erosión, no necesariamente se observan cambios positivos en todas las propiedades de los suelos. Particularmente, los suelos de textura limosa, que son los prevalecientes en el sur de la provincia de Santa Fe. Este hecho pone de manifiesto la necesidad de volver a rotar los suelos con pasturas plurianuales. A diferencia de los cultivos agrícolas, las pasturas fijan carbono de la atmósfera a lo largo del año, y lo aportan luego al suelo vía residuos.

Las especies forrajeras poseen mayor desarrollo del subsistema subterráneo, lo cual determina, junto con el aporte de biomasa aérea, una mayor acumulación de carbono y nitrógeno edáfico en relación a los cultivos anuales. Para que los suelos puedan ser rotados con pasturas es --obviamente- necesario que retorne la actividad ganadera a los establecimientos. El uso mixto de los suelos implica la necesidad de integrar una cadena forrajera, no sólo con el aprovechamiento de pasturas sino también de rastrojos de los cultivos agrícolas y malezas que se desarrollan durante el barbecho. El tema despierta fuertes discusiones, en cuanto a la conveniencia o no de pastorear rastrojos en sistemas de SD. No sólo por la disminución de la cobertura de los suelos, sino también por el efecto compactante de la pezuña animal.

No se conocen demasiados antecedentes sobre los efectos del pastoreo de rastrojos en suelos de la región. La información publicada proviene de la Pampa Semiárida, en rastrojos de cultivos en sistemas mixtos agrícola-ganaderos (Díaz-Zorita et al. 2002). Nuestros resultados fuera de la región estudiada indican que el pisoteo de hacienda es capaz de compactar los primeros centímetros del suelo, debido a la destrucción mecánica de los macroporos (Taboada, Lavado 1993). Sin embargo, esta destrucción puede ser rápidamente reparada por los ciclos normales de humedad edáfica, lo cual va acompañado por variaciones de estabilidad de agregados (Taboada et al. 1999). Resulta pertinente, entonces, poder conocer cuál es la respuesta al pisoteo por ganado doméstico en suelos agrícolas manejados con SD, debido al pastoreo no sólo de rastrojos sino también de pasturas. No es fácil predecir cuál puede ser la

respuesta de suelos distintos en textura y nivel de MOS a períodos de pastoreo que difieren en la carga instantánea y en los períodos de descanso otorgados.

A nivel superficial existe en estos momentos información sumamente confusa sobre la existencia, o no, de compactación en los suelos. Esta confusión parece estar asociada a la amplia gama de factores naturales y de manejo que intervienen en la compactación, y que a menudo interactúan entre sí. Los naturales se refieren específicamente al tipo de suelo (Argiudoles y Hapludoles), el contenido hídrico durante el estrés compactante, y el contenido de materia orgánica del suelo (Díaz-Zorita, Grosso 2000; Gupta, Allmaras 1987). Persiste aún el debate acerca de si SD compacta o no la superficie de los suelos. En trabajos previos hemos hallado que el volumen de macroporos (poros > 50 μm de diámetro) es mayor en suelos franco arenosos que en suelos franco limosos. Estos volúmenes de poros son muy poco afectados por el sistema de labranza y por el número de años con SD continua (Micucci, Taboada 2005; Taboada, Micucci 2002; Taboada et al. 1998).

Objetivo general: Evaluar el efecto sobre las propiedades edáficas superficiales generadas por el pastoreo directo del rastrojo y los efectos sobre el rendimiento del cultivo subsiguiente y evaluar la resiliencia de los suelos bajo SD continúa.

Objetivos específicos:

- a) Cuantificar los cambios producidos en las principales variables físicas edáficas como consecuencia pisoteo animal, y su evolución a lo largo de los ciclos productivos. Evaluando, a su vez, efectos sobre el cultivo a lo largo del ciclo.
- b) Determinar la residualidad de la compactación generada por el pisoteo animal en suelos que presentan distinta resiliencia, capacidad para regenerar su estructura a través de mecanismos abióticos y bióticos.
- c) Conocer el impacto del pisoteo animal y de distintos manejos, coberturas vivas implantadas o naturales, sobre la estructura superficial de los suelos.

Hipótesis relacionadas:

- ✓ El efecto de compactación por pisoteo será mayor en los Argiudoles, caracterizados por baja macroporosidad textural. Sin embargo, la residualidad de la compactación será menor por poseer un mayor contenido de arcillas. Ello favorece la regeneración de la estructura y porosidad, a través de mecanismos de regeneración de estructura de tipo abiótico.
- ✓ Los cultivos no responden de igual manera a la compactación. El cultivo de maíz será afectado de manera más marcada que el cultivo de soja.
- ✓ El impacto negativo de la compactación sólo se manifiesta en años relativamente secos, que coinciden con suelos con altas resistencias mecánicas.

- ✓ También se espera un mayor impacto de la compactación superficial en los Argiudoles, porque se sumaría a esto la presencia de un horizonte subsuperficial con mayor contenido de arcillas.
- ✓ La presencia de un cultivo vivo implantado durante el barbecho permite mantener la estabilidad superficial de agregados, siendo menor el impacto del pastoreo. Sin embargo, puede producir un impacto negativo sobre el rendimiento del cultivo siguiente, relacionado con una menor disponibilidad de agua a la siembra.

b) Metodología

Se establecieron dos ensayos en establecimientos de manejo de sistemas mixtos. **Estos ensayos están ubicados en el campo "El Casco", propiedad del Sr. Raúl Blúa, en la localidad de Chañar Ladeado, y el campo "El Palomar" propiedad del Ing. Rodrigo Baldomá, en la localidad de Amenábar, ambos en el sur de Santa Fe.** La agricultura se realiza bajo siembra directa (SD). Las malezas que crecen durante el otoño-invierno, son evaluadas dentro de la oferta forrajera y ofrecida al ganado como alimento junto con el rastrojo remanente en superficie. Los suelos sobre los que se desarrollan los ensayos, corresponden a texturas de tipo contrastante, a saber: Argiudol (Cafferata) y Hapludol (Amenábar). El diseño es en bloques completos al azar con 3 repeticiones. En el suelo Argiudol se cuenta con los siguientes tratamientos:

- Barbecho con malezas pastoreado.
- Barbecho con malezas sin pastorear.
- Barbecho con avena pastoreado.
- Barbecho con avena sin pastoreo.
- Barbecho químico en lote que no se ha pastoreado.
- Pasturas consociadas

Los tratamientos planteados en el suelo de Hapludol son los siguientes:

- Barbecho con malezas pastoreado.
- Barbecho con malezas sin pastorear.
- Barbecho con tratamiento de herbicida de amplio espectro sin pastorear.
- Barbecho químico en lote que no se ha pastoreado.
- Pastura consociada.

Se procedió a muestrear antes de instalar el ensayo, momento previo al ingreso de la hacienda. El segundo muestreo se realizó luego de la salida del ganado, coincidente con el momento previo a la siembra del cultivo de maíz. Se muestrea en V6, floración y cosecha del cultivo. Se continuará y repetirá el ensayo en el año siguiente. Pero en este caso se evaluará el cultivo de soja a siembra, R1-R2 y cosecha. De esta manera se evaluará la residualidad de los efectos generados por el pisoteo animal.

Determinaciones

En relación a la caracterización de las condiciones físicas se determinará infiltración (USDA, 1999), densidad aparente con el método del cilindro (Blake, Hartge 1986), densidad de agregado a través del Clod Method (Black et al. 1965), estabilidad estructural (De Boot, De Leenheer 1967)(USDA 1999) resistencia a la penetración en los perfiles de suelo, usando penetrómetro de cono (Bradford, Klute 1988) y penetrómetro digital Field Scout SC 900 Soil Compaction Meter, con control de la humedad gravimétrica. Se realizará el test de Proctor, con el objetivo de caracterizar el sitio según su densidad aparente relativa inicial. Se evaluará porcentaje de cobertura y materia seca en rastrojo superficial, recolectando cuadrantes de 25*25 cm por repetición, respiración *in vitro* (Alvarez et al. 1995) a las profundidades de 0-5 y 5-20 cm y cuantificación y peso de lombrices por unidad de superficie. Se determinará contenido de nitratos en suelo hasta 60 cm de profundidad. Se medirá la acumulación de biomasa aérea en el cultivo y su rendimiento (número de granos por m² y peso de mil). Las determinaciones se realizarán a la siembra, a 6 hojas, a floración y cosecha del maíz. También se evaluarán el impacto del tránsito animal sobre el cultivo de soja, y se realizarán las mediciones correspondientes a lo largo del ciclo del cultivo: a la siembra, R1 y cosecha. En floración se realizarán calicatas de un metro de profundidad y se evaluará la abundancia de raíces hasta el metro de profundidad en cada parcela. Adicionalmente, este momento se determinará el porcentaje de intercepción de radiación y el índice de verdor con el Minolta SPAD. Sobre el cultivo siguiente, se evaluará la residualidad de la práctica sobre las propiedades edáficas a la siembra y sobre su rendimiento. Para el análisis de los datos emergentes de los ensayos se utilizará análisis de varianza factorial, test de mínima diferencia significativa para separar las medias y análisis de regresión según corresponda (Neter, Wasserman, Kutner, 1990; Snedecor, Cochran 1989).

A) Cronograma de actividades para evaluación de efectos de pastoreo

Actividad	Meses Año 2006											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Determinación de los parámetros físicos del suelo en ensayos campaña 2005.	X	X	X	X								
Muestreo de la evolución de la biomasa de los cultivos ensayos 2005	X	X	X									
Densidad radical por el método de la cuadrícula Campaña 2005	X	X										
Muestreo y evaluación de biomasa final y rendimiento de los cultivos (Campaña 2005)			X	X								
Muestreo previo al ingreso de hacienda al lote				X	X							
Muestreo luego de retirar la hacienda del lote								X	X			
Siembra de los cultivos de verano en ensayos campaña de 2006									X	X		
Determinación de los parámetros físicos del suelo en ensayos campaña 2006 y residualidad de campaña 2005.					X	X	X	X	X	X	X	X
Muestreo de la evolución de la biomasa de los cultivos ensayos 2006 y residualidad de los ensayos de 2005										X	X	X

Procesamiento parcial de datos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Actividad	Meses Año 2007												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Determinación de los parámetros físicos del suelo en ensayos campaña 2006.	X	X	X	X									
Muestreo de la evolución de la biomasa de los cultivos ensayos 2006	X	X	X										
Densidad radical por el método de la cuadrícula Campaña 2006	X	X											
Muestreo y evaluación de biomasa final y rendimiento de los cultivos (Campaña 2006)			X	X									
Procesamiento de datos	X	X	X	X	X	X	X	X					
Elaboración de informe y redacción de tesis y trabajos relacionados					X	X	X	X	X	X	X	X	

Referencias

- Alvarez CR, Gutierrez Boem FH, Taboada MA, Prystupa P, Ocampo JF, Fernández PL, Moulin M, Vaccaro H. 2004. Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo distintos manejos en el Norte de Buenos Aires. Actas XIX Congreso Argentino de Ciencia del suelo.
- Alvarez R, Díaz RA, Barbero N, Santanatoglia OJ y Blotta L. 1995. Soil organic carbon, microbial biomass and C-CO₂ production from three tillage systems. Soil Till. Res. 33: 17-28.
- Black CA, Evans DD, White JL, Ensminger LE, Clark FE. 1965. Clod Method. En: Methods of soil analysis. Part 1. Agronomy 9. American Society of Agronomy. 381-383.
- Blake GR, Harge KH. 1986. Bulk density. En: Methods of soil analysis. Part 1. Ed: Klute A. Agronomy 9. ASA-SSSA. Madison, Wisconsin, EEUU.
- Bradford JM, Klute A. 1986. Penetrability. American Society of Agronomy.
- Diaz-Zorita M, Grosso GA. 2000. Effect of soil texture, organic carbon and water retention on the compactability of soils from the Argentinean pampas. Soil and Tillage Research 54, 121-126.
- Diaz-Zorita M, Duarte GA, Grove JH. 2002. A review of no-till systems and soil management for sustainable crop production in the subhumid and semiarid Pampas of Argentina. Soil and Tillage Research 65, 1-18.
- De Boodt M, De Leenher L. 1967. West European methods for soil Structure determinations. VII The state Faculty Agricultural Sciences -Chevit- Bélgica. 60-62.
- Fabrizzi KP, García FO, Costa JL, Picone, LI. 2005. Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no tillage systems in the southern Pampas of Argentina. Soil and Tillage Research 81, 57-69.
- Gupta SC, Allmaras RR. 1987. Models to assess the susceptibility of soils to excessive compaction. Advance in Soil Science 6, 65-100.
- Micucci F. 2004. Aptitud de los suelos limosos para ser manejados con siembra directa continua. Tesis para optar al grado de Magíster de la Universidad de Buenos Aires. Entregada para su defensa.
- Micucci FG, Taboada MA. 2005. Soil physical properties and soybean (*Glycine max* Merrill) root abundance in conventionally and zero tilled soils in the humid Pampas of Argentina. Soil and Tillage Research. Article in press.
- Neter J, Wasserman W, Kutner MH. 1990. Applied linear statistical models. 3º edición. Ed Irwin.

- Sasal MC, Andriulo AE, Taboada MA. Article in press. Soil porosity characteristics and water movement under zero tillage in silty soils in Argentinian Pampas. Soil and tillage research.
- Snedecor GW, Cochran WG. 1989. Statistical methods. 8º edición. Ed. Iowa State University Press.
- Taboada MA, Lavado RS. 1993. Influence of cattle trampling on soil porosity under alternate dry and ponded conditions. Soil use and management volume 9, number 4, 139-143.
- Taboada MA, Micucci FG, Cosentino DJ, Lavado RS. 1998. Comparison of compaction induced by conventional and zero tillage in two soils of the Rolling Pampa of Argentina. Soil and Tillage Research 49, 57-63.
- Taboada MA, Lavado RS, Svartz H, Segat AML. 1999. Structural stability changes in a grazed grassland Natraquoll of the Floding Pampa (Argentina). Wetlands volume 19, number 1, 50-55.
- Taboada, M.A.; Micucci F. G., 2002. Fertilidad Física de los Suelos. Editorial Facultad Agronomía (UBA).
- Thomas, G.W.; G.R. Hazsler y R.L. Robins. 1996. The effects of organic matter and tillage on maximum compactibility of soils using the Proctor test. Soil Sci., 161: 502-508.
- USDA. 1999. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Agosto, 1999.

(*) Personal participante

Por Facultad de Agronomía UBA

Dirección:

Ing. Agr. Miguel A. Taboada

Ing. Agr. Carina R. Álvarez

Tesista de doctorado:

Ing. Agr. Patricia Lilia Fernández

Estudiantes que realizan su Trabajo de Intensificación:

Srta. Alejandra Colás

Sr. Martín Correa Luna (h)

Sr. Diego Virzi

Por INTA Venado Tuerto

Dirección:

Méd. Vet. Martín Correa Luna

Técnicos:

Méd. Vet. Leonardo Mián

Méd. Vet. Javier Dupuy