



XXIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

Suelos... Huellas del pasado, desafíos del futuro

San Fernando del Valle de Catamarca,
Prov. de Catamarca, Argentina
21 al 24 de mayo de 2024



Descompactación del suelo en lotes con manchones de crecimiento restringido de los cultivos

Gudelj, V.J., S. Chiacchiera, O.E. Gudelj, M.B. Conde; C.A. Lorenzon; R.D. Seravalle; P. Marelli; L.A. Pereyra; J.M. Mustafá

INTA EEA Marcos Juárez. Ruta Provincial N°12 km 33, (2580) Marcos Juárez, Prov. de Córdoba, gudelj.vicente@inta.gob.ar

RESUMEN:

En el área del departamento Marcos Juárez, provincia de Córdoba, se observaron lotes con manchones en los cuales el cultivo tenía un crecimiento restringido. En algunos casos ante esta evidencia y suponiendo que se debía a la compactación del suelo, se utilizaron implementos para roturar verticalmente y descompactar posibles capas endurecidas. El objetivo de este trabajo fue evaluar propiedades físicas y químicas y el efecto de la roturación vertical del suelo sobre el rendimiento de los cultivos, en un manchón homogéneo de un lote donde se había observado un crecimiento restringido en cultivos precedentes y en parte del lote donde no se detectó dicha restricción. Se comprobó compactación a través de la descripción del perfil cultural pero no de la determinación de la densidad aparente del suelo. De acuerdo a los rendimientos obtenidos la descompactación no incidió en los mismos, sugiriendo que no fue efectiva. La estabilidad de agregados fue mejor en el sector de suelo donde el cultivo tuvo una buena performance. La acidez del suelo determinada a través del pH fue significativamente mayor en donde el cultivo tuvo un crecimiento restringido. Los rendimientos obtenidos en el sector con crecimiento normal fueron significativamente superiores a los obtenidos donde el cultivo tuvo restricción del crecimiento.

PALABRAS CLAVE: descompactación, propiedades física-químicas, rendimiento

INTRODUCCION

En el área del departamento Marcos Juárez, provincia de Córdoba se observó, fundamentalmente en periodos secos, lotes con manchones en los cuales el cultivo tenía un crecimiento restringido. En algunos casos ante esta evidencia y suponiendo que se debía a la compactación del suelo, se utilizaron implementos para roturar verticalmente y descompactar posibles capas endurecidas. Cuando se utiliza siembra directa continua puede haber una densificación del suelo (Álvarez y col 2006, Steinbach y Álvarez 2007, Gudelj y col, 2018). El valor crítico de densidad aparente (DA) para este tipo de suelos, argiudoles típicos, por encima del cual se resiente el crecimiento de las raíces es 1,4-1,5 g.cm⁻³, de acuerdo a Griffith et al. 1977. Otra posibilidad de determinar capas endurecidas es mediante la técnica de perfil cultural. Álvarez y col. 2009 expresan que la descompactación mecánica puede mejorar las condiciones físicas de suelos franco limosos que sufren compactación en siembra directa. El objetivo de este trabajo fue evaluar propiedades físicas y químicas y el efecto de la roturación vertical del suelo sobre el rendimiento de los cultivos, en un manchón homogéneo de un lote donde se había observado un crecimiento restringido en cultivos precedentes y en parte del lote donde no se detectó dicha restricción.

MATERIALES Y MÉTODOS

El suelo del lote en el que se desarrolló la experiencia es un Argiudol típico de la serie Marcos Juárez con textura franco limosa (69 % de limo, 25% de arcilla y 6 % de arena) donde desde hace 25 años se viene implantando todos los cultivos en siembra directa en una secuencia que incluye maíz- trigo y soja. En el ciclo 2022/23 se implantó vicia sativa como cultivo de cobertura previo a

Organizado por:



un cultivo de maíz. Durante el periodo de crecimiento de la vicia se observaron manchones con menor crecimiento en varias partes del lote donde luego el maíz tuvo también un menor crecimiento al punto que las plantas quedaron con una altura muy reducida llegando solo algunas a producir una escasa cantidad de granos. En tanto que, en la parte sin crecimiento restringido, el maíz a pesar de la sequía, tuvo un rendimiento 7000 kg/ha. Ante esta evidencia en marzo de 2023 se seleccionó uno de los manchones en la parte donde el maíz tuvo crecimiento restringido para establecer un ensayo de descompactación. Dicha práctica se realizó el 12-5-2023 con un subsolador-escarificador marca Budassi con nueve brazos a 50 cm de distancia dispuestos en V. Para facilitar la penetración delante de cada brazo va una cuchilla y en la punta de los brazos tiene una púa de tres centímetros. Para sellar el surco y evitar mayores pérdidas de humedad por atrás de cada brazo va un rolo. Se utilizó un diseño estadístico de parcelas divididas donde el factor principal fue el suelo con y sin crecimiento restringido del cultivo, y el sub-factor (descompactación) aleatorizado dentro del principal con tres repeticiones siendo la unidad experimental 6,70 m x 34 m. Los

tratamientos evaluados fueron los siguientes: 1) Suelo, con crecimiento restringido del cultivo, sin descompactar, 2) Suelo con crecimiento restringido del cultivo, descompactado, 3) suelo sin crecimiento restringido del cultivo sin descompactar, 4) suelo sin crecimiento restringido del cultivo descompactado. Para la determinación de rendimientos se cosechó la parte central de cada parcela (1,26 x 34 m: 42,84 m²). Los muestreos para las mediciones de física del suelo se realizaron con un contenido de humedad cercano a capacidad de campo, tomando seis muestras por situación estudiada: suelo con y sin crecimiento restringido previo al cultivo, el día 30-3-2023. La DA se midió, por el método del doble cilindro de volumen conocido (Blake & Hartge, 1986) utilizando un sistema hidráulico y las profundidades de muestreo fueron: 0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25 y 25-30 cm. Para estabilidad estructural (EE) las muestras se tomaron en los primeros 10 cm de suelos y se estimó mediante el cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP) expresado en milímetros, método que integra agregados comprendidos entre 2 y 8 mm de diámetro y evalúa la estabilidad ante el impacto de la gota de lluvia y el movimiento del agua (De Boodt & De Leenheer, 1967). Se obtuvo el índice de estabilidad relativo (IER) en porcentaje relacionando el CDMP de cada situación estudiada con el de un suelo de referencia cercano al sitio del ensayo (CDMP = 0.25 mm), considerando que cuanto mayor es el IER mejor la EE. El 28 de abril de 2023 se realizó una calicata en cada situación para describir el perfil cultural (Gautronneau & Manichon, 1987) en los primeros 30 cm. El 12-5-2023 se tomaron muestras de suelo, en estratos 0-20; 20-60, 60-100 y 100-150 cm de profundidad para la determinación de milímetros de agua útil (AU) disponible en cada una de las situaciones de suelo estudiadas, y el 2-8-2023 se repitió este muestreo y determinación, pero en cada tratamiento estudiado. El 10-6-2023 se implantó la variedad de trigo MS INTA 119 que se fertilizó con la sembradora durante la siembra con 105 kg/ha de Microessentials SZ y unas horas antes de sembrar se aplicó chorreado 300 kg/ha de Solmix (28% N + 5% S). Advirtiendo que la descompactación efectuada no solucionó el problema del crecimiento restringido en el cultivo de trigo, y para indagar otras posibles causas de estrés en el cultivo que estuvieran determinando ese crecimiento restringido, el 29-11-2023 se realizó un muestreo por tratamiento y repetición para la determinación de: pH, medido a una relación suelo agua 1:2,5 (IRAM 29410, 1999) en los estratos de 0-18 y 18-30 cm, conductividad eléctrica (CE) (electrodo de conductividad relación 1:2,5 suelo: agua) en el estrato de 0-18 cm y materia orgánica (MO)(Walkley y Black, 1934) en los estratos de 0-10 y 0-18 cm. También se determinó MO y pH en las muestras que se habían tomado cuando se realizó la determinación de EE hasta 10 cm de profundidad. Para el análisis estadístico se utilizaron modelos lineales mixtos y se compararon las medias de los tratamientos con el test LSD de Fisher (5%).

RESULTADOS Y DISCUSION

Se observó en los tratamientos donde se pasó el escarificador que las púas penetraron hasta 25 cm de profundidad disturbando un alto porcentaje de suelo en profundidad, pero con muy poco disturbio en superficie. En el sector donde previamente los cultivos habían tenido un crecimiento normal, con abundante rastrojo en superficie casi no se notaba que había pasado el escarificador, en cambio en la zona donde los cultivos previamente habían tenido crecimiento restringido era más evidente el paso del implemento escarificador.

Propiedades físicas

Respecto de las propiedades físicas del suelo, excepto en el estrato de 0 a 5 cm donde se midió una densidad significativamente menor en el sector con crecimiento restringido ($P= 0.0139$), no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la DA en ninguno de las situaciones y estratos evaluados; y los valores hallados, en todos los casos, estuvieron por debajo del considerado crítico, 1,4-1,5 g.cm^{-3} de acuerdo a Griffith et al. 1977, para el crecimiento de los cultivos en este tipo de suelo (Tabla 1)

Tabla 1. Densidad Aparente (g.cm^{-3}) para 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 y 20-25 cm de profundidad

SUELO	PROFUNDIDAD (cm)					
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30
Crecimiento normal	1,02 a	1,25 a	1,30 a	1,29 a	1,29 a	1,32 a
Crecimiento restringido	0,94 b	1,26 a	1,34 a	1,29 a	1,30 a	1,32 a

Letras diferentes dentro de una columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p<0,05$)

Hubo una mejor EE ($P=0.0275$) en el sector con crecimiento normal que en el manchón con crecimiento restringido de los cultivos. Al referenciar con el suelo prístino se determinó una mala EE (IER= 20%) en la parte donde los cultivos habían tenido un crecimiento restringido y regular (IER= 26%) donde los cultivos habían crecido en forma normal (Tabla 2).

Tabla 2. Estabilidad Estructural: cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP) e índice de estabilidad relativo (IER)

Suelo	CDMP (mm)	IER (%)
Crecimiento restringido	1.27 a	20
Crecimiento normal	0.97 b	26

Letras diferentes dentro de una columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p<0,05$)

Perfil cultural

La evaluación del perfil cultural determinó diferencias en cuanto a la presencia de capas endurecidas después de los 10 cm y hasta los 20-30 cm de profundidad entre las zonas del lote evaluado. En el sector donde los cultivos implantados previamente habían tenido un



Foto A: estructura sin compactación visible Foto B: estructura con bloques masivo

crecimiento normal no se hallaron estados estructurales masivos en toda la profundidad evaluada, el mismo se caracterizó por presencia de tierra fina suelta y terrones adheridos, pero no fuertemente soldados, coincidente con estructura Gamma (Γ)- alta porosidad (Foto A). En cambio, en el sector del lote (manchones) donde los cultivos previamente implantados habían manifestado un crecimiento restringido, se observaron entre los 10 y 30 cm de profundidad capas endurecidas, compatible con estados estructurales (Φ) masivos con fisuras, y Delta (Δ) zonas con porosidad no visible de alta cohesión. Estos sectores ofrecieron alta resistencia ante la presión del cuchillo para penetrarlo. También en esta situación se observó en los primeros 5-8 cm mayor presencia de estructura laminar, caracterizada por poros preferentemente dispuestos en forma horizontal (Foto B)

Determinación de agua útil

Si bien los resultados de la determinación de AU previo a la siembra (12-5-2023) mostraron en todas las profundidades evaluadas una mayor cantidad en el área de suelo donde previamente el cultivo había tenido un crecimiento normal, no hubo diferencias significativas respecto de donde el cultivo había tenido un crecimiento restringido. No obstante, hay que considerar que donde el cultivo antecesor tuvo un crecimiento normal seguramente también tuvo un mayor consumo de agua (Tabla 3).

Tabla 3: Agua Útil (mm) determinada el 12-5-2023 en áreas de suelo con crecimiento restringido y no restringido y el 2-8-2023 en los tratamientos: 1) suelo con crecimiento restringido sin descompactar, 2) suelo con crecimiento restringido del cultivo descompactado, 3) suelo sin crecimiento restringido del cultivo sin descompactar, 4) suelo sin crecimiento restringido del cultivo descompactado.

Tratamientos	Prof. (cm)	Determinación 12-5-2023	Determinación 2-8-2023
Crecimiento restringido		26,06 a	
Crecimiento normal		37,62 a	
Tratamiento 1	0-20		21,65 b
Tratamiento 2			14,96 a
Tratamiento 3			30,15 c
Tratamiento 4			30,47 c
Crecimiento restringido		35,49 a	
Crecimiento normal		44,45 a	
Tratamiento 1	20-60		41,11 a
Tratamiento 2			38,22 a
Tratamiento 3			49,51 b
Tratamiento 4			48,06 b
Crecimiento restringido		33,49 a	
Crecimiento normal		42,44 a	
Tratamiento 1	60-100		41,92 a
Tratamiento 2			35,52 a
Tratamiento 3			40,06 a
Tratamiento 4			43,64 a
Crecimiento restringido		50,96 a	
Crecimiento normal		58,01 a	
Tratamiento 1	100-150		59,44 b
Tratamiento 2			40,11 a
Tratamiento 3			62,18 b
Tratamiento 4			64,09 b
Crecimiento restringido		146,00 a	
Crecimiento normal		182,52 a	
Tratamiento 1	0-150		164,10 b
Tratamiento 2			128,61 a
Tratamiento 3			181,90 c
Tratamiento 4			186,26 c

En la determinación en post emergencia del trigo (2-8-2023) se observó en la mayoría de las profundidades evaluadas una mayor cantidad de AU en donde el cultivo había tenido un crecimiento normal sin diferencias por la utilización del escarificador. En cambio, en donde el cultivo antecesor había tenido un crecimiento restringido hubo diferencias en favor de donde no se había escarificado, indicando que la parte escarificada perdió más humedad producto de la grieta abierta y la escasa cantidad de rastrojo en superficie respecto de donde el cultivo antecesor había crecido normalmente (Tabla 3).

Variables químicas

Respecto a la evaluación de las variables químicas los valores de CE fueron similares entre situaciones de suelo evaluadas hasta los 18 cm de profundidad, y si bien fueron levemente mayores de 18 a 30 cm ($Pr > F 0.0275$) en la situación de suelo con crecimiento restringido, en todos los casos se consideran normales para el crecimiento de los cultivos. El pH fue significativamente menor hasta los 18 cm en donde el cultivo tuvo un crecimiento restringido, pudiendo afectar la normal absorción de algún nutriente y por ende el rendimiento del cultivo de trigo. En cuanto al porcentaje de MO no se encontraron diferencias entre tratamientos ni situaciones evaluadas (Tabla 4).

Tabla 4: Variables químicas analizadas para distintas profundidades de suelo.

Profundidad (cm)	Suelo	% MO	pH	CE
0-10	Crecimiento normal	4,41 a	5,3 a	sd
	Crecimiento restringido	4,39 a	5,1 b	sd
0-18	Crecimiento normal	3,09 a	5,7 a	0,17 a
	Crecimiento restringido	3,00 a	5,3 b	0,17 a
18-30	Crecimiento normal	sd	6,0 a	0,13 b
	Crecimiento restringido	sd	5,85 a	0,18 a

Rendimientos

Los rendimientos obtenidos del trigo implantado en la situación de manchones con crecimiento restringido de los cultivos fueron significativamente menores a los logrados donde los cultivos previamente habían tenido un crecimiento normal, y no se encontró diferencia entre tratamientos dentro de una misma situación, es decir la descompactación no produjo ningún efecto positivo desde el punto de vista del rendimiento. El cultivo de trigo tuvo una buena implantación en ambos sectores de suelo evaluados, pero a partir del macollaje en la parte de suelo donde previamente los cultivos habían tenido un crecimiento restringido se observó un menor crecimiento acentuándose en las posteriores etapas de desarrollo. En el ciclo del cultivo precipitaron 223 mm, 25 % menos que el promedio histórico para ese periodo. No obstante, las precipitaciones fueron oportunas y sumado a las reservas de agua útil en el perfil del suelo posibilitaron un buen rendimiento en la parte de suelo donde los cultivos habían tenido un crecimiento normal y significativamente mayor ($P=0.0025$) al obtenido por el trigo implantado en la parte de suelo donde los cultivos venían mostrando un crecimiento restringido. Igual en ninguno de las partes evaluadas hubo diferencias significativas por haber escarificado el suelo (Tabla 5). Si bien hubo diferencias en cuanto a la cantidad de agua medida en cada uno de los sectores de evaluación que podría haber afectado el rendimiento en la parte con crecimiento restringido, esas diferencias no eran de una magnitud tal que afectara tanto a los rendimientos. La compactación que no se verificó a través de la DA (Tabla 1) pero sí en el

Tabla 5: rendimiento del cultivo de trigo en $kg. ha^{-1}$.

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTOS $kg. ha^{-1}$
1) Crecimiento restringido sin descompactar	775 a
2) Crecimiento restringido descompactado	567 a
3) Crecimiento normal sin descompactar	5045 b
4) Crecimiento normal descompactado	5202 b

Perfil cultural (Fotos 1 y 2) podría haber influido en el desarrollo de las raíces y en esa diferencia de rendimientos, lo que pondría en dudas haber logrado una buena descompactación con el escarificador. La mejor calidad estructural del sector de suelo con crecimiento normal (Tabla 2) podría también haber posibilitado un mejor desarrollo de raíces y mejor rendimiento del cultivo de trigo. Hay que considerar también que el sector de suelo donde el cultivo tuvo un menor crecimiento, la acidez del suelo medida a través del pH fue significativamente mayor (Tabla 4), y con valores que podrían estar restringiendo la absorción de algún nutriente. Podría ser que la sumatoria de cada uno de estos factores e incluso alguno que no se estudió en este trabajo habría influido en los bajos rendimientos obtenido en el sector de suelo con crecimiento restringido que coincidiría con lo expresado por Suzuki y col, (2014), citado por (De Marotte y Rubio 2018) en cuanto a que existe una amplia variedad de estreses ambientales a los que continuamente están expuestos los cultivos.

CONCLUSIONES

- Se comprobó compactación a través de la descripción del perfil cultural pero no de la determinación de la densidad aparente del suelo. De acuerdo a los rendimientos obtenidos la descompactación no incidió en los mismos, sugiriendo que no fue efectiva.
- La descompactación en el sector con crecimiento restringido influyó en una menor disponibilidad de agua producto quizás de la escasa cantidad de rastrojo en superficie de este sector.
- La estabilidad de agregados fue mejor en el sector de suelo donde el cultivo tuvo una buena performance.
- La acidez del suelo determinada a través del pH fue significativamente mayor en donde el cultivo tuvo un crecimiento restringido.
- Los rendimientos obtenidos en el sector con crecimiento normal fueron significativamente superiores a los obtenidos donde el cultivo tuvo restricción del crecimiento.
- La mayoría de los factores estudiados e incluso algún otro pueden haber influido en los resultados de los rendimientos obtenidos. La aplicación de enmienda calcárea se estudiará en futuros cultivos en pos de tratar de dilucidar la problemática manifestada en los manchones con menor crecimiento de los cultivos.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, C.R., M.T. Duggan, E.R. Chamorro, D. Dambrosio, M.A. Taboada. 2009. Descompactación de suelos franco limosos en siembra directa: efectos sobre las propiedades edáficas y los cultivos. *CI. SUELO (ARGENTINA)* 27(2): 159-169, 2009
- Blake, G.R. & K.H. Hartage. 1986. Bulk Density. In: A Klute (ed.). *Methods of soil analysis, Part I*. 2nd. Ed. American Society of Agronomy, Madison, Agronomy 9: 363-375.
- De Leenheer, L. & M. De Boodt. 1958. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. *Inter Sysmp. On soil structure. Medeligen. Rykskandbouwhogesehool, Gent. Belgie*, 24: 290-300.
- De Marotte F y G Rubio. 2018. comportamiento de las raíces ante estreses múltiples: el caso decompactación, humedad y oferta de nutrientes. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Tucumán 2018.
- Gudelj, V.J., O.E. Gudelj, M.B. Conde, C.A. Lorenzon, P.S. Vallone, C.M. Galarza. 2018. Alternativas para incrementar la sustentabilidad en secuencias basadas en el cultivo de soja. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Tucumán 2018.
- Gautronneau & Manichon. 1987. *Guide methodique du profil cultural*, CEREF-ISARA/GEARA-INAPG, 70p.
- Griffith D.R., J.V. Mannering & W.C. Moldenhauer. 1977. Conservation tillage in the Eastern Corn Belt. *Journal of Soil and Water Conservation*, 32:20-28.
- INTA. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 1978. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3363-17. Marcos Juárez. 29-30.
- IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación). 1999. Norma 29 410. Determinación del pH.
- Steinbach, H.S. y R. Alvarez. 2007. ¿Afecta el sistema de labranza las propiedades físicas de los suelos de la Región Pampeana? *Informaciones Agronómicas* #33. Editorial: Instituto de la Potasa y El Fósforo. 12p.
- Suzuki, N; RM Rivero; V Shulae; E Blumwald y R Mittler. 2014. Tansley review: Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*. 203: 32-4
- Walkley Black. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-38.