



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



AACCS
ASOCIACIÓN ARGENTINA
CIENCIA DEL SUELO

EVALUACIÓN DE LA DESCOMPACTACIÓN CON PARATILL EN EL NORESTE DE SANTIAGO DEL ESTERO

Mas, L. I.^{1*}, Álvarez Cortes, D. J.¹, Galdeano, M. J.², Brites, L.³, Casco, C.³, Ortiz, E.⁴, Castañares, M.⁴, Hauch, W.⁴, Ayala, F.⁵, Vivian, I.⁵

¹ EEA INTA Quimilí; ² Grupo Los Gatos; ³ San Juan de Totoral S.A.; ⁴ Aceitera General Deheza S.A.; ⁵ Gatti S.H.; * Ruta Provincial 6, km 14, (3740) Quimilí, Prov. de Santiago del Estero, mas.laura@inta.gob.ar

RESUMEN:

El noreste de Santiago del Estero es uno de los polos de agricultura de secano de la provincia, en el que predomina el sistema de siembra directa con soja – maíz como la principal rotación. Debido a que los suelos presentan una alta proporción de limo en su textura y al tránsito de maquinarias cada vez más pesadas, suelen producirse procesos de compactación subsuperficial. Esto hace necesario evaluar localmente prácticas de manejo que permitan revertir este fenómeno. Surgió así un ensayo cuyo objetivo fue evaluar el efecto que produce la descompactación mecánica con paratill sobre la resistencia a la penetración del suelo y el rendimiento de un cultivo de maíz. Para el mismo se seleccionaron 7 bloques repartidos en 3 establecimientos agropecuarios de la zona en el que se implementaron dos tratamientos, testigo y paratill. Se evaluó la resistencia a la penetración cada 5 cm hasta los 40 cm, la humedad gravimétrica hasta los 80 cm, y el rendimiento del cultivo de maíz. Luego de un diagnóstico inicial de los lotes, se realizaron dos muestreos de RMP y HG: previo a la siembra del maíz y luego de la cosecha. La descompactación con paratill produjo una disminución significativa de la RMP hasta los 35 cm, efecto que se mantuvo hasta los 30 cm luego de la cosecha del maíz, pero dadas las condiciones meteorológicas adversas de la campaña el rendimiento del tratamiento paratill fue 6% inferior al del testigo.

PALABRAS CLAVE: descompactación mecánica, resistencia mecánica a la penetración, maíz.

INTRODUCCION

El noreste de Santiago del Estero es uno de los polos de mayor desarrollo de la agricultura extensiva de secano en la provincia, lo cual fue posible gracias a la siembra directa. La cobertura de rastrojos que deja en superficie este sistema brinda diversos beneficios que mejoran la acumulación y disponibilidad de agua para los cultivos (Richmond & Rillo, 2009). No obstante, el no laboreo del suelo sumado al efecto compactante del tránsito de las maquinarias suele resultar en compactaciones subsuperficiales (Álvarez et al., 2014; Botta et al., 2004). A eso debe añadirse la alta proporción de limo en la textura de los suelos de la zona, que les confiere una mayor susceptibilidad a la compactación.

Una alternativa para remediar este problema es el uso de implementos mecánicos que rompan la capa compactada. Si bien existe abundante bibliografía nacional, la mayoría se refiere a ensayos en la Región Pampeana (Peralta et al., 2021). En ellos se muestra la reducción de la resistencia a la penetración del suelo (RMP) y mejoras en la infiltración (Álvarez et al., 2009; Gerster et al., 2010), además de un impacto positivo en el rendimiento del cultivo evaluado como resultado de la descompactación mecánica (Álvarez et al., 2006, 2021). En general, no se observan efectos a largo plazo, con una residualidad estimada de 17 meses para RMP (Peralta et al., 2021), salvo casos excepcionales que hablan de efectos sobre el rendimiento y el suelo 24 meses después de la labor (Fernández et al., 2023; Guecaimburú et al., 2014).



AACCS
ASOCIACIÓN ARGENTINA
CIENCIA DEL SUELO



UNCA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA



FCA



INTA Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Resulta necesario entonces generar información local sobre el tema y es por ello que se planteó un ensayo de descompactación con paratill cuyo objetivo fue evaluar los efectos que produce la descompactación con paratill sobre la RMP y el rendimiento de un cultivo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo durante la campaña 2022/23 con un diseño de bloques completos aleatorizados con dos tratamientos, testigo y paratill, en 3 establecimientos agropecuarios: Sitio 1 (27° 17' 08" S, 61° 57' 15" O), Sitio 2 (27° 16' 59" S, 62° 24' 23" O) y Sitio 3 (26° 37' 57" S, 61° 59' 38" O), en el noreste de la provincia de Santiago del Estero. Todos los lotes seleccionados se encuentran bajo agricultura continua con una rotación soja – maíz en siembra directa desde hace varios años.

De acuerdo con Vargas Gil (1990), los suelos del Sitio 1 corresponden a una consociación de Argiustoles údicos, con una secuencia de horizontes A-Bt-BC-C, mientras que en los Sitios 2 y 3 encontramos una asociación de Haplustoles típicos (secuencia A-Bw-BCK-Ck) y Argiustoles típicos (secuencia A-Bt-BCK-Ck), predominando los primeros en el Sitio 2 (80%) y los segundos en el Sitio 3 (60%).

Se midieron dos variables de suelo, resistencia mecánica a la penetración (RMP) y humedad gravimétrica (HG), en tres momentos: previo a la labor con paratill, en presiembra y luego de la cosecha. La RMP se midió con un penetrómetro de golpes modelo INTA Villegas, con el que se contaron los golpes cada 5 cm hasta los 40 cm de profundidad y se convirtieron a MPa utilizando el factor de 0,275. En cada parcela se tomaron 3 puntos y en cada punto se realizaron 5 repeticiones. Además, en cada punto se tomaron muestras de suelo hasta los 80 cm que se secaron a estufa a 105°C por 48 horas para determinar HG. La cosecha se realizó de manera mecánica en todas las parcelas y los rendimientos se expresaron al 14,5% de humedad (humedad de comercialización) para el análisis.

Los parámetros RMP, HG y rendimiento se analizaron estadísticamente utilizando modelos lineales mixtos con el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2020). En aquellos casos en que se hallaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), se realizó la prueba de comparación de medias mediante el test LSD de Fisher, con el mismo nivel de significancia ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Variación de la RMP y la HG

En el diagnóstico inicial se determinó que la mayor compactación se presentaba entre los 10 y 15 cm en todos los lotes, con valores altos de RMP hasta los 20-25 cm. Por ello, la labor con paratill se llevó a cabo a una profundidad de 30-35 cm.

En diciembre de 2022, previo a la siembra del maíz, se determinó RMP y HG de cada tratamiento. El efecto del paratill sobre la compactación del suelo fue significativo hasta los 35 cm de profundidad, con un efecto más marcado hasta los 30 cm (figura 2a). Esto implica que la RMP fue en promedio un 66% menor en el paratill que en el testigo considerando esas profundidades. Sin embargo, este efecto positivo sobre la fertilidad física del suelo tuvo un impacto negativo sobre la poca humedad que el suelo tenía: en los primeros 30 cm el suelo del tratamiento con paratill tuvo aproximadamente un 14% menos de humedad comparado con el testigo y, aunque las diferencias no fueron significativas por debajo de esa profundidad, se mantuvo una tendencia a menor humedad en el paratill (figura 2b).

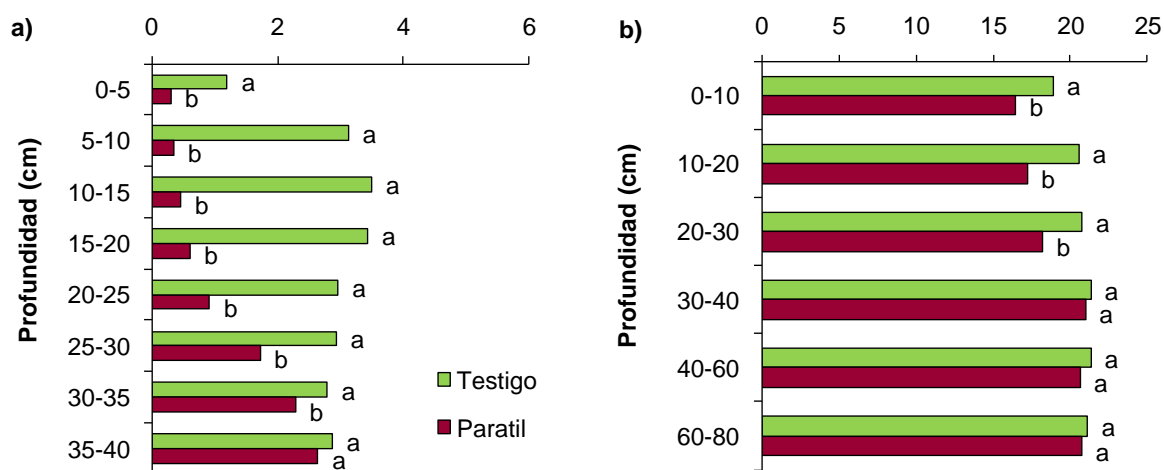


Figura 2. Valores de a) RMP (MPa) y b) HG (%) previo a la siembra. Letras distintas dentro de la misma profundidad indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,01$).

En junio de 2023 se realizaron las mediciones de RMP y HG poscosecha. La RMP del tratamiento paratill se mantuvo por debajo del testigo, aunque esta diferencia fue significativa sólo hasta los 30 cm de profundidad, siendo la RMP del paratill un 47% menor en promedio que el testigo (figura 3a). En todos los casos se presentaron valores de RMP mayores que en el muestreo anterior. La ausencia de recompactación del suelo en el tratamiento paratill podría deberse a la sequía que sufrió la zona, debiendo evaluarse este proceso en un año con condiciones normales.

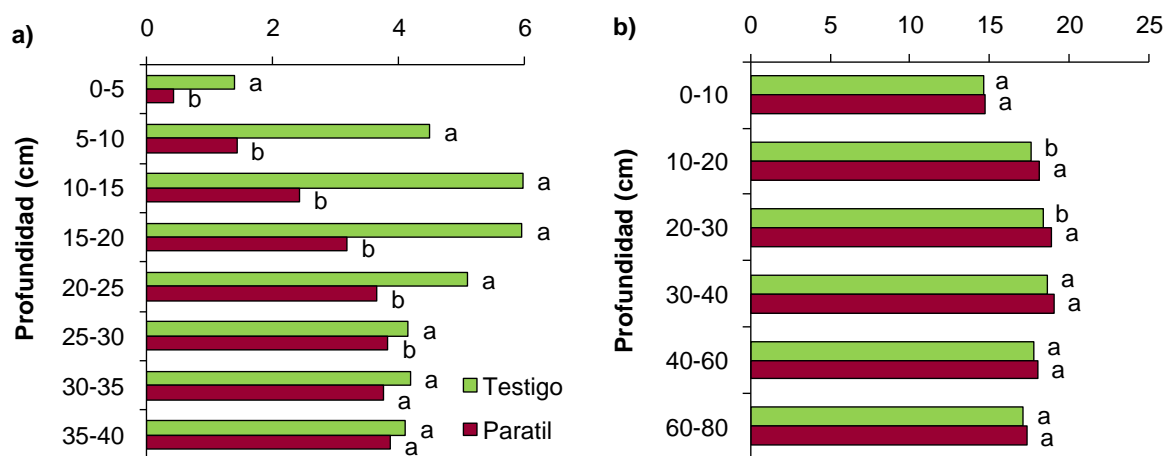


Figura 3. Valores de a) RMP (MPa) y b) HG (%) poscosecha. Letras distintas dentro de la misma profundidad indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,01$).

La HG estuvo en todo momento por debajo de las condiciones óptimas para la medición de la RMP, ya que debido a las condiciones meteorológicas no se recuperó la humedad del suelo durante la campaña. De hecho, la HG poscosecha fue inferior a la de presiembra y al contrario que en ésta, hubo una mínima tendencia a mayor humedad en el paratill (figura 3b). Esa tendencia se tradujo en una diferencia significativa únicamente de los 10 a los 30 cm, aunque el porcentaje de HG del paratill fue apenas un 3% superior al testigo.

Evolución de las condiciones climáticas

La campaña 22/23 se caracterizó por precipitaciones por debajo de lo normal. A modo de ejemplo, las precipitaciones del Sitio 1 para esta campaña fueron 448 mm, mientras que la media de los últimos 23 años para ese establecimiento es de 799 mm.

Esta campaña se distinguió no sólo por una baja oferta hídrica para los cultivos, sino también por condiciones meteorológicas que derivaron en una mayor demanda atmosférica. Analizando los datos de las últimas 8 campañas de la estación meteorológica automática de la E.E.A. INTA Quimilí (INTA, 2023), nos encontramos que las temperaturas medias entre octubre y abril fueron 2,4% más altas, con temperaturas máximas casi 3% por encima de la media de los 8 años y temperaturas mínimas también más altas que lo habitual. Además, la velocidad del viento fue muy superior a lo normal, con un período que abarcó todo enero y febrero con velocidades 50% por encima del promedio, y la humedad relativa ambiente estuvo casi un 20% por debajo de la media. Como resultado, la evapotranspiración potencial (ET_o) fue un 23% más elevada que la media. Esta combinación de una campaña seca con un marcado estrés térmico impidió el normal desarrollo de los cultivos y jugó un papel fundamental en el resultado del ensayo, sobre todo teniendo en cuenta que la campaña anterior también presentó un marcado déficit hídrico.

Rendimiento del maíz

Ante las condiciones meteorológicas tan adversas que se dieron durante toda la campaña, la descompactación tuvo un efecto negativo dado que acentuó el estrés hídrico y térmico que sufrió el cultivo. El rendimiento del paratill fue siempre menor que el del testigo, variando desde sólo 0,07 hasta casi 2 toneladas menos. Al analizar los datos, la diferencia entre tratamientos resultó ser estadísticamente significativa, con un rendimiento medio del testigo 0,43 toneladas más alto que el paratill (figura 4).

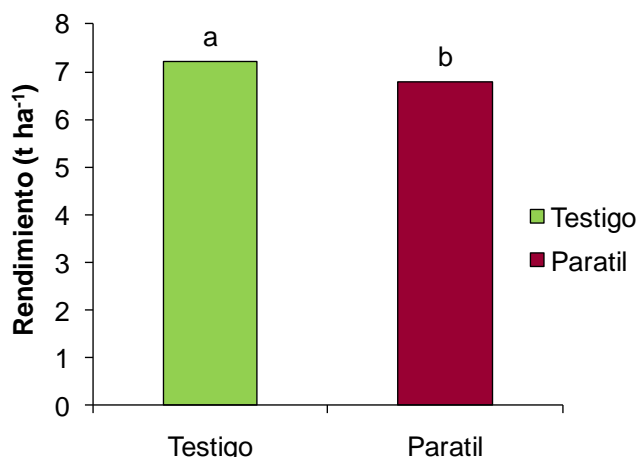


Figura 4. Efecto de la descompactación sobre el rendimiento de maíz. Letras indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

La bibliografía nacional referida al tema habla por lo general de efectos positivos de la descompactación sobre el rendimiento de los cultivos, con aumentos promedio del 26% para soja y del 6% para maíz (Peralta et al., 2021). Sin embargo, hay varios ejemplos en que los resultados no fueron los esperados. Vilche et al. (2010) no encontraron diferencias significativas entre tratamientos en un ensayo realizado en Zavalla, Santa Fe, y se lo atribuyeron a que las lluvias ocurridas durante el ciclo del maíz fueron 40% inferiores a la media histórica. También Lozano et al. (2016) determinaron que el tratamiento con subsolador produjo una merma en el rendimiento del cultivo de soja en un ensayo llevado a cabo en Azul, Buenos Aires, debido a un período excepcionalmente seco ocurrido durante enero y febrero de ese año.

CONCLUSIONES

El efecto positivo que podría haber tenido la descompactación con paratill sobre el rendimiento se vio completamente opacado por las condiciones meteorológicas estresantes que sufrió el cultivo de maíz. Esto da la pauta que es una práctica que debe realizarse teniendo en cuenta los pronósticos a mediano y largo plazo dado que el régimen climático en nuestra zona juega

un papel primordial en el éxito de los manejos que apliquemos. Más allá que el efecto de descompactación sobre la RMP del suelo se mantuvo luego de la cosecha, resta ver si las precipitaciones acompañan en la campaña 23/24 y la labor de descompactación repercute de manera positiva en el cultivo siguiente.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo fue financiado a través del Convenio de Colaboración Técnica entre el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y Aceitera General Deheza S.A., Cono S.A., Los Gatos Colorados S.A., Agropecuaria La Brava S.A., Gatti Gabino Enrique Gatti Sergio Fabian Y Gatti German Isidro S.H, Gafan S.A, San Juan De Totoral S.A., Inmagar S.A. y con fondos del proyecto PEI055 – “Abordaje para la prevención y mitigación de la degradación ambiental y la pérdida de biodiversidad en la Región NOA”. Se agradece a todos los empleados y técnicos de los establecimientos que colaboraron con la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, C. R., Gutiérrez Boem, F. H., Torres Duggan, M., & Taboada, M. A. (2021). Descompactación mecánica de suelos bajo siembra directa: efecto sobre las propiedades físicas edáficas y el cultivo de maíz en la Pampa Ondulada. *Agronomía y Ambiente*, 41(2), 114–125.
- Álvarez, C. R., Taboada, M. A., Bustingorri, C., & Gutiérrez Boem, F. H. (2006). Descompactación de suelos en siembra directa: efectos sobre las propiedades físicas y el cultivo de maíz. *Ciencia Del Suelo*, 24(1), 1–10.
- Álvarez, C. R., Taboada, M. A., Perelman, S., & Morrás, H. J. M. (2014). Topsoil structure in no-tilled soils in the Rolling Pampa, Argentina. *Soil Research*, 52(6), 533–542.
- Álvarez, C. R., Torres Duggan, M., Chamorro, E. R., D'Ambrosio, D., & Taboada, M. A. (2009). Descompactación de suelos franco limosos en siembra directa: efectos sobre las propiedades edáficas y los cultivos. *Ciencia Del Suelo*, 27(2), 159–169.
- Botta, G. F., Jorajuria, D., Balbuena, R., & Rosatto, H. (2004). Mechanical and cropping behavior of direct drilled soil under different traffic intensities: effect on soybean (*Glycine max* L.) yields. *Soil and Tillage Research*, 78(1), 53–58.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). *InfoStat versión 2020* (versión 20). Universidad Nacional de Córdoba.
- Fernández, R., Álvarez, C., Noellemeyer, E., & Quiroga, A. (2023). Estrategias para descompactar el suelo en la región semiárida pampeana: efecto residual en la infiltración básica y en el rendimiento. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 22(2).
- Gerster, G., Bacigaluppo, S., Bodrero, M., & Salvagiotti, F. (2010). Secuencia de cultivos, descompactación mecánica y rendimiento de soja en un suelo degradado de la región pampeana. *Revista PARA MEJORAR LA PRODUCCION*, 45, 59–61.
- Guecaimburú, J. M., Introcaso, R., Vázquez, J. M., Rojo, V., & Reposo, G. (2014). Persistencia de la descompactación del suelo realizada con escarificadores de montantes angulados en sistemas de siembra directa. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 30(2), 109–115.
- INTA. (2023). *Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica*. <https://sig.inta.gob.ar/>
- Lozano, L. A., Soracco, C. G., Villarreal, R., Ressa, J. M., Sarli, G. O., & Filgueira, R. R. (2016). Soil Physical Quality and Soybean Yield as Affected by Chiseling and Subsoiling of a No-Till Soil. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 40, e0150160.
- Peralta, G., Álvarez, C. R., & Taboada, M. A. (2021). Soil compaction alleviation by deep non-inversion tillage and crop yield responses in no tilled soils of the Pampas region of Argentina. A meta-analysis. *Soil and Tillage Research*, 211, 105022.
- Richmond, P. F., & Rillo, S. N. (2009). Caracterización de la dinámica de incorporación de residuos de cosecha al suelo en un sistema agrícola en siembra directa en el centro-oeste de Buenos Aires. *Informaciones Agronómicas*, 43, 22–26.
- Vargas Gil, J. R. (1990). Provincia de Santiago del Estero. En: SAGyP. Proyecto PNUD ARG. 85/019, INTA CIRN. *Atlas de Suelos de la República Argentina. Tomo II*. Buenos Aires. pp 499-558.

Vilche, M. S., Alzugaray, C., Montico, S., Di Leo, N., & Falcone, R. (2010). La incidencia de la labor de escarificado en el ambiente edáfico: cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 9(1-2), 63-72.