



## INFLUENCIA DE LAS TERRAZAS Y MANEJO DEL SUELO EN DOS MICROCUENCAS REPRESENTATIVAS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA DE CÓRDOBA

Vettorello, C.I.<sup>1\*</sup>, A.I. Rubenacker<sup>2</sup>, A. Pettinari<sup>1</sup>, E.D. Sterpone<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC, Manejo de Suelos; <sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC, Química General e Inorgánica, \* cvettore@agro.unc.edu.ar

**RESUMEN:** La sistematización del suelo mediante terrazas paralelas de desagüe en zonas semiáridas es una práctica que permite modificar el balance hídrico reduciendo los volúmenes de escurrimiento y mejorando la captación de agua debido al retraso del escurrimiento, sobre todo cuando se complementa con rotación de cultivo y sistemas de SD. Es por ello que el objetivo del trabajo fue evaluar la influencia de las terrazas y manejo del suelo en el agua del suelo, densidad aparente, estabilidad estructural y producción de soja, en dos microcuencas representativas de la región semiárida de Córdoba. El estudio se realizó al sur de la ciudad de Córdoba, Argentina. El clima es semiárido con 760 mm de precipitación media anual y con inviernos secos. Los suelos son Haplustoles típicos y énticos de textura franco limosa. Se seleccionaron para el estudio dos microcuencas contiguas: NOSIST: microcuenca de 9,3 ha, no sistematizada y SIST: microcuenca de 18,4 ha sistematizada con terrazas paralelas de desagüe. Se evaluaron dos campañas similares en las condiciones meteorológicas (precipitaciones y temperatura) bajo manejo diferentes (monocultivo de soja y rotación maíz:soja 1:1) El agua del suelo se determinó por gravimetría hasta los 2 metros. Se midió densidad aparente (Dap), estabilidad estructural (EE) y rendimiento de soja por microcuenca. Los datos obtenidos se analizaron mediante el programa INFOSTAT. Los resultados indicaron que la combinación de rotaciones y sistematización del suelo mediante terrazas de desagüe mejora la estabilidad estructural superficial y estabiliza la producción de soja, al mejorar y homogeneizar la distribución de agua del suelo.

**PALABRAS CLAVE:** agua edáfica, parámetros físicos, rotaciones.

### INTRODUCCION

La siembra directa (SD) es un sistema de labranza que surgió en la década de 1960 y ha ganado aceptación en Sudamérica a un ritmo más rápido que en EE.UU. Los países sudamericanos con mayor superficie bajo SD son Brasil, la Argentina y Chile. Su mayor incorporación está relacionada con la adopción masiva de la soja transgénica y el uso del glifosato (Manuel-Navarrete et al., 2005). Sawchik (2004) indica que en sudamérica, la siembra directa comienza a insertarse en los sistemas de producción durante la década del 90, y representa quizás el cambio tecnológico más importante en cuanto a técnicas de manejo de suelo. La siembra directa ha permitido entre otros aspectos disminuir las pérdidas de suelo por erosión, ampliar la ventana de oportunidades para la realización exitosa de los cultivos, dando una mayor estabilidad a los sistemas de producción. Más recientemente, y debido entre otras causas a las relaciones de precio favorables para el sector agrícola, se ha desarrollado un proceso de intensificación agrícola aún en suelos considerados marginales para la producción de cultivos. Para reducir los efectos de la producción de soja predominante en amplias regiones de la Argentina, y bajo un contexto económico diferente, se retomaron con mayor frecuencia el cultivo de maíz, trigo y cultivos de servicio, ya sea como secuencia de cultivos o rotaciones. Estas últimas influyen en las condiciones físicas y bioquímicas del suelo. En el aspecto físico, los distintos sistemas radiculares de los cultivos exploran diferentes estratos del perfil, permitiendo una colonización del suelo con raíces de diferente arquitectura. Debido a esto, cada tipo de raíz genera una clase determinada de poros, los cuales según su

tamaño tendrán funciones de aireación, ingreso del agua al perfil, almacenamiento, o funciones mixtas. Al descomponerse las raíces por actividad de los microorganismos quedan formados poros, los cuales presentan alta estabilidad y continuidad espacial, favoreciendo una buena dinámica de aire y agua (Lorenzatti & Bianchini, 2003).

El manejo apropiado del agua representa un insumo fundamental para el desarrollo de sistemas de producción sustentables. A su vez, el estudio de las propiedades físicas del suelo como la densidad aparente (Dap), la estabilidad estructural de los agregados del suelo (EE), la porosidad total y la distribución del tamaño de los poros permiten entender como el contenido de agua, la temperatura del suelo y la resistencia a la penetración influyen en el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, a pesar de modificar el sistema de labranzas e incorporar las rotaciones, muchos años los resultados productivos distan de los alcanzables para la zona semiárida, ocasionado en parte por los cambios climáticos que producen una distribución errática de las precipitaciones, donde las lluvias intensas son cada vez más frecuentes, lo que reduce la posibilidad de infiltración y generan escurrimientos y erosión. Surge así la utilidad de la sistematización del suelo mediante terrazas paralelas de desagüe que, especialmente en zonas semiáridas, es una práctica que permite modificar el balance hídrico reduciendo los volúmenes de escurrimiento y mejorando la captación de agua debido al retraso del escurrimiento (Vettorello *et al.*, 2017), sobre todo cuando se complementa con rotación de cultivo y sistemas de SD.

Por lo mencionado en párrafos anteriores, el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de las terrazas y manejo del suelo en el agua del suelo, densidad aparente, estabilidad estructural y producción de soja, en dos microcuencas representativas de la región semiárida de Córdoba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un establecimiento ubicado 25 km al sur de la ciudad de Córdoba (31°19' lat. Sur; 64°13' long. Oeste), Argentina. El área posee un clima semiárido con 760 mm de precipitación media anual y con inviernos secos. Los suelos son Haplustoles típicos y énticos de textura franco limosa con pendiente promedio de 1.2%. Se seleccionaron para el estudio dos microcuencas contiguas: NOSIST: microcuenca de 9,3 ha, no sistematizada y SIST: microcuenca de 18,4 ha sistematizada con terrazas paralelas de desagüe, desde el año 1995. Las terrazas se ubican contra la pendiente general del terreno, con una pendiente de diseño hacia el canal de desagüe del 0,3% aproximadamente (Figura 1). A partir del año 2005 se utilizó siembra directa (SD) en las dos microcuencas, bajo monocultivo de soja. A partir del año 2012 se pasó a rotación agrícola soja:maíz (1:1) manteniéndose hasta la fecha (año 2020).

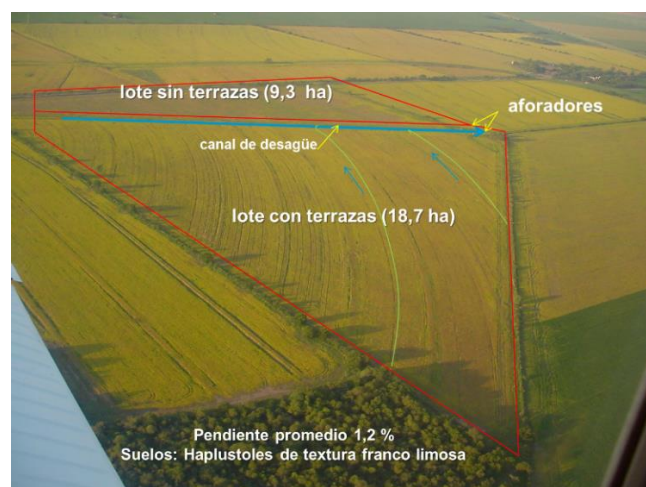


Figura 1. Microcuencas NOSIST (lote sin terrazas) y SIST (lote con terrazas), tomada de fotografía aérea. Se indican con rojo la delimitación de las cuencas, con líneas verdes las terrazas de desagüe y con celeste los canales de desagüe y el flujo del agua en las terrazas.

Se muestrearon tres sitios representativos en NOSIST (Ateca *et al.*, 2001) y tres en SIST (Vettorello 2008). Los datos de precipitación se registraron a partir de una estación meteorológica ubicada en la microcuenca NOSIST. Se evaluó el rendimiento del cultivo de soja (*Glycine max* L.) en dos campañas similares en condiciones meteorológicas (precipitaciones y temperatura) con manejos de suelo diferentes, en ambos casos bajo siembra directa. Una de las campañas se evaluó el cultivo después de 7 años de monocultivo de soja y la otra, la producción de soja 7 años después de iniciada la rotación maíz:soja 1:1. El agua del suelo se determinó por gravimetría hasta los 2 metros de profundidad, con un intervalo de 20 cm. Para caracterizar la condición física edáfica (de 0 a 10 cm de profundidad) se determinó densidad aparente (Dap) según lo describe Blake y Hartage (1986) y estabilidad estructural por el método de Kemper y Rouseneau (1985). Para definir el rendimiento de soja se cosecharon a mano dos repeticiones de 1 m<sup>2</sup> en cada uno de los tres sitios seleccionados por microcuenca.

Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva (media, coeficiente de variación) y análisis de la varianza. Para ello se utilizó el programa INFOSTAT (Di Rienzo, *et al.*, 2018).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la figura 2 se muestra el contenido hídrico del suelo (mm) hasta los 2 metros de profundidad, antes de la siembra de soja, en los dos tratamientos (NOSIST y SIST) con manejos diferentes (monocultivo y rotación).

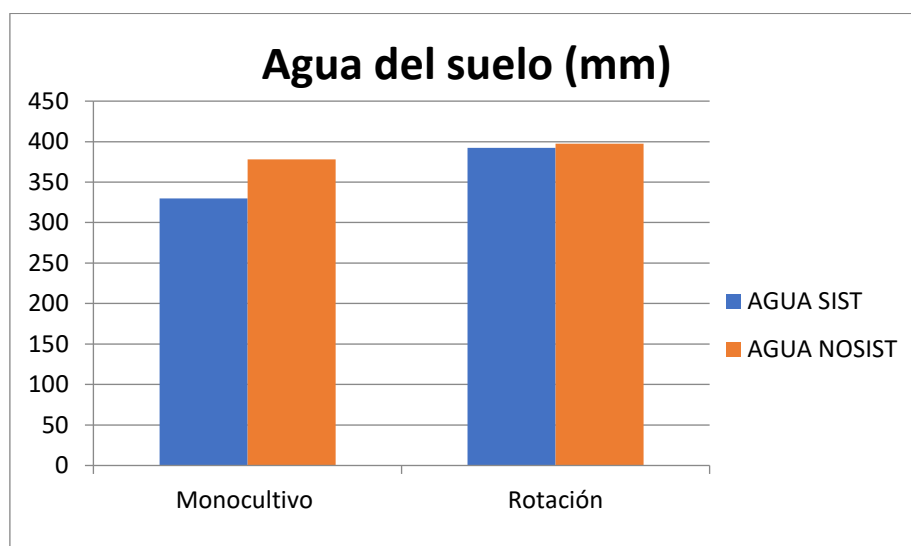


Figura 2. Agua edáfica total hasta los dos metros de profundidad (mm) a la siembra del cultivo de soja en NOSIST y SIST, bajo manejos diferentes (monocultivo y rotación).

Al evaluar los tratamientos, si bien no existen diferencias significativas entre SIST y NOSIST en cuanto al contenido hídrico inicial para ninguno de los tratamientos realizados (monocultivo de soja y rotación soja-maíz), se observa una ligera tendencia a poseer mayor contenido por parte de NOSIST, lo cual se atribuye a una distribución más heterogénea de la misma con respecto a SIST (CV 13,74 vs CV 7,06), poniendo en evidencia una mejor dinámica del agua en el terreno sistematizado (Vettorello, 2008). El menor contenido hídrico en SIST está justificado por el mayor rendimiento obtenido para ambos manejos (monocultivo y rotación), dando así como consecuencia una mayor biomasa debido a su mayor consumo de agua (tabla 1). Es importante destacar también cómo la sistematización del suelo modifica la distribución del agua edáfica en SIST, manifestado por el menor coeficiente de variación obtenido en los rendimientos. Esta condición otorga al sistema de terrazas una ventaja comparativa respecto a NOSIST en relación a la producción, por el mejor balance hídrico que ocasiona.

Cuando se comparan los manejos (monocultivo y rotación) se observa que los contenidos de agua inicial son mayores con la rotación, a pesar que el consumo global del sistema (maíz:soja) es mayor, lo que podría estar dado por la mayor cobertura de residuos que favorecen la captación de las precipitaciones y reducen la evaporación. Esto coincide con los datos indicados por Álvarez *et al.*, 2017, quienes afirman que la ausencia de laboreo del suelo y la presencia de rastrojo de maíz, con mayor volumen, mejor cobertura y mayor duración que el residuo de soja, favorecieron la captación y conservación del agua en el suelo. Gil (2004) manifiesta que el agua tiene un impacto directo sobre la productividad de los cultivos y ese aumento en la productividad incide en la cantidad de residuos y por ende en la materia orgánica del suelo y la estructura que en definitiva gobiernan la dinámica de este recurso. Entretanto, los parámetros edáficos evaluados no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ni manejos, excepto en los valores de EE, que fueron mayores en SIST con respecto a NOSIST en ambas condiciones de manejo (monocultivo y rotación), mostrando en monocultivo diferencias estadísticamente significativas (tabla 1).

Tabla 1. Valores promedio y coeficiente de variación de la densidad aparente (DAP-  $Tn\ m^{-3}$ ) y estabilidad estructural (EE en %) para los tratamientos NOSIST y SIST bajo manejos diferentes: rotación y monocultivo.

	NOSIST		SIST	
	PROMEDIO	CV	PROMEDIO	CV
Rendimiento soja rotación	46,6a	<b>24,4</b>	50,3a	<b>9,4</b>
Rendimiento soja monocultivo	<b>12,8a</b>	<b>51,1</b>	<b>24,8b</b>	<b>19,6</b>
EE rotación	49,89a	12,85	55,48a	14,60
EE monocultivo	<b>52,78a</b>	13,59	<b>63,05b</b>	12,05
DAP rotación	1,37a	3,43	1,35a	5,70
DAP monocultivo	1,34a	3,45	1,33a	4,63

Por otra parte, la Dap arrojó, tanto para monocultivo como para la rotación, valores levemente mayores en NOSIST con respecto a SIST. Aun así, los valores de densidad aparente se mantienen dentro del rango apropiado para el desarrollo de los cultivos. Autores indican que en suelos con altos contenidos de limo y manejados con SD continua, es frecuente observar un incremento en los valores de Dap respecto a los suelos labrados (Buschiazzo *et al.*, 1998, Peirone *et al.*, 2008). Esta dinámica de incremento en la densidad aparente se observó en NOSIST al pasar de labranza convencional a SD, donde la Dap era de  $1,27\ Tn\ m^{-3}$  y actualmente alcanza valores superiores a  $1,34\ Tn\ m^{-3}$ . Este fenómeno también ha sido observado en los dos ensayos de larga duración de INTA Manfredi (Alvarez *et al.*, 2017).

## CONCLUSIONES

La combinación de rotaciones y sistematización del suelo mediante terrazas de desagüe mejora la estabilidad estructural superficial y estabiliza la producción de soja, al mejorar y homogeneizar la distribución de agua del suelo.

## BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, C, J P Giubergia & Basanta, M. 2017. Labranzas y secuencias de cultivos en la Región Central de Córdoba: efecto sobre el rendimiento y propiedades físicas suelo. Ensayos de Larga Duración en Argentina, pp: 95-105.
- Ateca, MR; R Sereno; HP Apezteguía. 2001. Zonificación de una superficie cultivada con soja según parámetros fenológicos y consumo de agua. Rev. Brasileira de Agrometeorología. 9 (1): 111-116
- Basanta, M. & C Alvarez. 2015. Manejo sustentable de sistemas agrícolas en la región central de Córdoba: una experiencia de largo plazo en INTA EEA Manfredi. Gerencia de Comunicación e Imagen Institucional, DNA SICC, INTA.

- Blake GR; KH Hartage. 1986. Bulk Density. Methods of soils analysis. Agronomy 9. Part I, Am. Soc. of Agronomy, Madison. WI, USA, pp: 363-375.
- Buschiazzo, DE; JL Panigatti & PW Unger. 1998. Tillage effects on soil properties and crop production in the subhumid and semiarid Argentinean Pampas. Soil and Tillage Research, 49(1-2), 105-116.
- Gil, RC. 2004. Uso y manejo del agua en sistemas sustentables. In Seminario sobre la Sustentabilidad Agrícola 29 y 30/3, Buenos Aires, Argentina, p 45-51.
- Jorge Sawchik. 2004. La Intensificación Agrícola y el Manejo del Agua en los Sistemas. Simposio: Sustentabilidad de la intensificación agrícola en Uruguay. Mercedes 2004. Pp: 11- 18
- Kemper, WD & RC Rosenau.1986. Aggregate stability and size distribution. Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods, 5, 425-442.Lorenzatti et al., 2003
- Lorenzatti, S & A Bianchini. 2003. La rotación de cultivos: Una herramienta poco utilizada. Revista técnica: Conociendo el suelo en siembra directa. Aapresid.
- Manuel Navarrete, D; GC Gallopín; M Blanco; M Díaz Zorita; D Ferraro; H Herzer & M Piñeiro. 2005. Análisis sistémico de la agriculturización en la pampa húmeda argentina y sus consecuencias en regiones extra pampeanas: sostenibilidad, brechas de conocimiento e integración de políticas. CEPAL.
- Peirone, LS; MV Basanta; E Lovera; JP Giubergia & C Álvarez. 2008. Propiedades químicas y densidad aparente de un haplustol del centro de la provincia de Córdoba bajo siembra directa y labranza convencional. Actas XXI Congreso Argentino de la Ciencia del suelo. San Luis.
- Vettorello CI. 2008. Análisis comparativo de formas contrastantes de manejo del suelo. Su impacto ambiental. Tesis de maestría de la Facultad de Ciencias Agropecuarias - U. N. de Córdoba. Córdoba, Argentina: 182 p
- Vettorello, CI; JP Clemente; GF Esmoriz; CC Díaz; DA Cotorás; L Molina & L Cortés. 2017. Prácticas de conservación para la reducción de inundaciones. AUGMDOMUS, 5.





## INFLUENCIA DE LAS TERRAZAS Y MANEJO DEL SUELO EN DOS MICROCUENCAS REPRESENTATIVAS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA DE CÓRDOBA

Vettorello, C.I.<sup>1\*</sup>, A.I. Rubenacker<sup>2</sup>, A.F. Pettinari<sup>1</sup>, E.D. Sterpone<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Manejo de Suelos. Córdoba, Argentina.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Química General e Inorgánica



**FCA**

Facultad de Ciencias  
Agropecuarias

### INTRODUCCIÓN

La sistematización del suelo mediante terrazas paralelas de desagüe en zonas semiáridas es una práctica que permite modificar el balance hídrico reduciendo los volúmenes de escurrimiento y mejorando la captación de agua debido al retraso del escurrimiento, sobre todo cuando se complementa con rotación de cultivo y sistemas de SD. Es por ello que el objetivo del trabajo fue evaluar la influencia de las terrazas y manejo del suelo en el agua del suelo, densidad aparente, estabilidad estructural y producción de soja, en dos microcuencas representativas de la región semiárida de Córdoba.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó al sur de la ciudad de Córdoba, Argentina. El clima es semiárido con 760 mm de precipitación media anual y con inviernos secos. Los suelos son Haplustoles de textura franco limosa. Se estudiaron dos microcuencas contiguas: NOSIST (lote sin terrazas) y SIST (lote con terrazas paralelas de desagüe, Fig 1). Se evaluaron dos campañas similares en las condiciones meteorológicas bajo manejos diferentes (monocultivo de soja y rotación maíz:soja 1:1) El agua del suelo se determinó por gravimetría hasta los 2 metros. Se midió densidad aparente (Dap), estabilidad estructural (EE) y rendimiento de soja por microcuenca.

El menor contenido hídrico en SIST está justificado por el mayor rendimiento obtenido para ambos manejos (monocultivo y rotación), dando así como consecuencia una mayor biomasa debido a su mayor consumo de agua (tabla 1). La sistematización del suelo modifica la distribución del agua edáfica en SIST, manifestado también por el menor coeficiente de variación obtenido en los rendimientos.

Tabla 1. Valores promedio y coeficiente de variación de la densidad aparente (DAP-  $Tn\ m^{-3}$ ) y estabilidad estructural (EE en %) para los tratamientos NOSIST y SIST bajo manejos diferentes: rotación y monocultivo.

	NOSIST		SIST	
	PROMEDIO	CV	PROMEDIO	CV
Rendimiento soja rotación	46,6a	24,4	50,3a	9,4
Rendimiento soja monocultivo	12,8a	51,1	24,8b	19,6
EE rotación	49,89a	12,85	55,48a	14,60
EE monocultivo	52,78a	13,59	63,05b	12,05
DAP rotación	1,37a	3,43	1,35a	5,70
DAP monocultivo	1,34a	3,45	1,33a	4,63

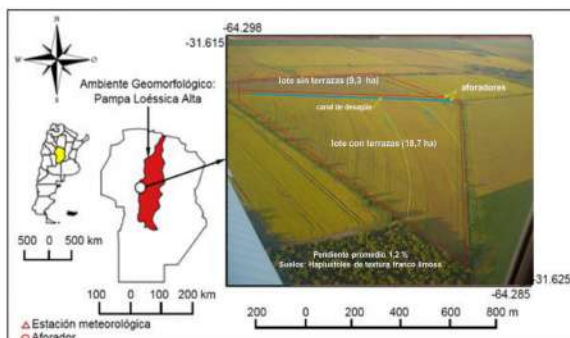


Figura 1. Ubicación de las microcuencas NOSIST (lote sin terrazas) y SIST (lote con terrazas) en la provincia de Córdoba. Taxonomía, textura y pendiente de la zona.

### RESULTADOS

El agua del suelo no mostró diferencias significativas entre SIST y NOSIST, observándose una ligera tendencia a poseer mayor contenido por parte de NOSIST (Fig. 2), atribuido a una distribución más heterogénea de la misma con respecto a SIST (CV 13,74 vs CV 7,06).

La EE fue mayor en SIST con respecto a NOSIST en ambas condiciones de manejo (monocultivo y rotación), mostrando, a su vez, bajo monocultivo, diferencias estadísticamente significativas (tabla 1). Los valores de DAP se encuentran dentro de los valores normales para sistemas de siembra directa en suelos franco limosos.

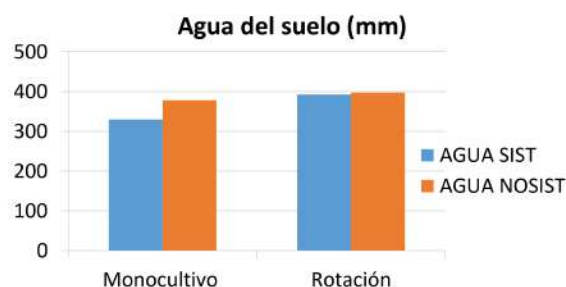


Figura 2. Agua edáfica total hasta los dos metros de profundidad (mm) a la siembra del cultivo de soja en NOSIST y SIST, bajo manejos diferentes (monocultivo y rotación).

### CONCLUSIÓN

La combinación de rotaciones y sistematización del suelo mediante terrazas de desagüe mejora la estabilidad estructural superficial y estabiliza la producción, al mejorar y homogeneizar la distribución de agua del suelo.

**PALABRAS CLAVE:** agua edáfica, parámetros físicos, rotaciones, sistematización.

**AGRADECIMIENTOS:** SeCyT-UNC, L Molina Ordoñez, JM Fiore, A Marinangeli, P Esmoriz, A Laguzzi.