

## SUSTENTABILIDAD DE AGROECOSISTEMAS BAJO RIEGO COMPLEMENTARIO EN LA PAMPA HUMEDA ARGENTINA.

Leopoldo Génova<sup>1,2</sup>

### RESUMEN

El riego complementario con aguas subterráneas ricas en  $\text{HNaCO}_3$  es una práctica agrícola dentro del sistema de manejo de cultivos extensivos, que disturba al suelo, generando interrogantes sobre la sostenibilidad de los agroecosistemas. Fueron valoradas la resistencia RT, la resiliencia RL y la tasa de resiliencia TRL de los horizontes A y B<sub>2</sub> de suelos Argiudoles, regados con aguas de distinta calidad, mediante los modelos de Herrick y Wander (1998), usando como indicadores el pH, la CE<sub>ex</sub> y el PSI, asumiendo como criterio de diagnóstico la calidad del suelo y como puntos críticos las degradaciones por sales y sodio. No se registraron altos valores de los indicadores que evidencien situaciones de disturbio drástico o de fragilidad del suelo que establecieran degradaciones irreversibles que impidiesen recuperar capacidades de funcionamiento en tiempo razonable. En general, para una misma calidad de agua, los valores de RT y RL a los cambios de CE<sub>ex</sub> y de PSI del horizonte A superaron a los del horizonte B<sub>2</sub> y en ambos horizontes, las más altas RT y RL ocurrieron en los suelos regados con agua más salina y sódica. El lavado de sales y el intercambio catiónico fueron los principales mecanismos de recuperación. La cuantificación de RT, RL y TRL con los modelos utilizados, disponiendo de mayor cantidad de datos espaciales y temporales, se considera útil para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas, diagnosticando la evolución de las degradaciones salina y sódica del suelo.

Palabras clave: **sustentabilidad, agroecosistemas regados, resistencia y resiliencia del suelo, calidad edáfica, degradación salina y sódica, mecanismos de recuperación.**

### INTRODUCCIÓN

En la Pampa Húmeda el riego complementario de maíz, soja y trigo ocupa actualmente 120.000 ha. Al usarse aguas subterráneas bicarbonatadas sódicas, constituye una práctica agrícola que disturba al suelo, causando impactos de naturaleza, intensidad y duración variables. Aunque los efectos positivos del riego en la economía agroproductiva son importantes: minimiza el riesgo de disminución de cosechas y las estabiliza en altos rindes, es imprescindible evaluar las alteraciones del funcionamiento de los agroecosistemas. Para caracterizarlos, Masera *et al.* (1999) propusieron el uso de criterios de diagnóstico para vincular sus atributos genéricos y sus puntos críticos con indicadores que permitan evaluar efectiva y coherentemente la sustentabilidad. La calidad del suelo se asume como un criterio de diagnóstico integral. Para remitir los temas de

---

<sup>1</sup> Cátedra de Riego y Drenaje, Facultad de Agronomía, UBA. Avda. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires, Argentina. E-mail: [lgenova@agro.uba.ar](mailto:lgenova@agro.uba.ar)

<sup>2</sup> Cátedra de Hidrología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Calles 60 y 119 (1900) La Plata, Argentina. E-mail: [hidroagri@ceres.agro.unlp.edu.ar](mailto:hidroagri@ceres.agro.unlp.edu.ar)

ecología de suelos al uso sustentable de tierras, se introdujo recientemente el término resiliencia RL del suelo a la ciencia edáfica, intentando crear una teoría común que describa la reacción del suelo a rangos de impactos o disturbios. Williams y Chartres (1991) expresaron que la magnitud de la disminución de la capacidad de un suelo de funcionar (RT) y la tasa de recuperación o la elasticidad (RL) son dos llaves para medir la sustentabilidad. Szabolzs (1995) alertó la necesidad de métodos para medir y describir procesos resilientes. Doran *et al* (1996) expresaron que la dirección de la calidad del suelo con el tiempo es un indicador primario del manejo sustentable. Seybold *et al* (1999) adoptaron la definición de Herrick y Wander (1998): RL del suelo es la capacidad de recuperar su integridad funcional y estructural después de un disturbio.

La incorporación del riego complementario en la región fue resistida inicialmente debido al deficiente conocimiento tecnológico y a la equivocada interpretación de la aptitud del agua para riego (Génova,1993; Costa,1999; Marano,2000) asociada con pronósticos de sodificación edáfica grave. Génova (2003) revisó los antecedentes regionales sobre el impacto del agua en los suelos regados, encontrando autores que enfatizaron la inconveniencia de usar las aguas disponibles y otros que, aún reportando fuertes incrementos del PSI, moderados del pH y leves de la  $CE_{ex}$ , no invalidaban el riego bajo condiciones de manejo adecuadas. Génova (1993) formuló un modelo conceptual sobre la existencia de un mecanismo natural de control de la salinización y sodificación, operado por la interrelación de varios factores y procesos, sin vincular estos conceptos con la RT y RL, que en este trabajo se cuantifican.

#### **MATERIALES Y METODOS.**

La calidad del suelo se usó como criterio de diagnóstico para evaluar la sustentabilidad, siguiendo a Masera *et al* (1999) y a Seybold (1999). Los indicadores fueron, para suelos: pH,  $CE_{ex}$  (conductividad eléctrica del extracto de saturación, en  $dS.m^{-1}$ ) y PSI (% de sodio intercambiable) y para aguas: pH,  $CE_a$  (conductividad eléctrica, en  $dS.m^{-1}$ ) y RAS (relación de adsorción de sodio, en  $(me/l) (me/l)^{-1/2}$ ). En Argiudoles típicos ubicados en cuatro localidades pampeanas, se caracterizó el impacto del riego con aguas subterráneas de cada sitio, con  $CE_a$  de 1 y 1,6  $dS.m^{-1}$  y RAS 18,5 y 23,1 (clase C3S3) y  $CE_a$  de 0,69 y 0,75  $dS.m^{-1}$  y Ras 7 y 7,2 (clase C2S2), ambas del US Salinity Lab (Richards,1956), valorando la RT, RL y TRL del suelo a las degradaciones salina y sódica, considerando los puntos críticos de los agroecosistemas bajo riego durante seis años discontinuos.

Con datos generados por Génova (1993, 1996, 2003), correspondientes a muestras simples de los horizontes A y B<sub>2</sub> de lotes agrícolas que recibieron láminas de 120 a 180 mm anuales entre diciembre y febrero, se utilizaron los modelos de Herrick y Wander (1998):  $RL = (E-F) / (D-F)$ ,  $RT = F/D$  y  $TRL = d RL / dt$ , donde D es la capacidad de funcionamiento del suelo antes de sufrir el disturbio, E el nivel de recuperación a un nivel de equilibrio estabilizado de funcionamiento del suelo, F el nivel de la función del suelo inmediatamente después de ocurrido el disturbio, d RL y dt los diferenciales de RL y tiempo. Se consideró representativo de los valores D al nivel del indicador en condiciones iniciales, sin disturbio. Los valores E se calcularon promediando los datos obtenidos antes de cada temporada de riego, asumiendo que representan la situación de equilibrio entre el agua aportada por riego y la incidencia de los factores y procesos recuperativos. Los valores F son las medias de los indicadores al finalizar la temporada de riego.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, para una misma calidad de agua, los valores de RT y RL a cambios de CE<sub>ex</sub> y de PSI del horizonte A superaron a los del horizonte B<sub>2</sub> y en ambos horizontes, las más altas RT y RL ocurrieron en los suelos regados con las aguas más salinas y sódicas. Los valores negativos de la RL respecto de la salinidad explican la ocurrencia de CE<sub>ex</sub> mayores en los suelos inicialmente sin riego.

Tabla 1. Valores medios de resistencia RT, resiliencia RL y tasa de resiliencia TRL de los horizontes de suelos Argiúdoles típicos.

Calidad del agua de riego	Horizonte	RT	RL	TRL
Referidos a cambios de pH				
C3S3	A	1,098	0,334	0,056
C3S3	B <sub>2</sub>	1,046	0,398	0,066
C2S2	A	1,049	0,759	0,127
C2S2	B <sub>2</sub>	1,026	1,242	0,207
Referidos a cambios de salinidad, indicados por la CE ex.				
C3S3	A	2,110	-0,081	-0,013
C3S3	B <sub>2</sub>	1,887	-0,534	-0,089
C2S2	A	2,410	0,119	0,020
C2S2	B <sub>2</sub>	1,680	-0,213	-0,036
Referidos a cambios de sodicidad, indicados por el PSI.				
C3S3	A	3,150	0,832	0,139
C3S3	B <sub>2</sub>	1,995	0,659	0,110
C2S2	A	2,412	0,551	0,092
C2S2	B <sub>2</sub>	1,514	2,759	0,460

## CONCLUSIONES

Los indicadores no alcanzaron magnitudes que puedan vincularse con degradaciones irreversibles de la calidad del suelo, aunque el riego complementario aumentó el PSI y el pH. En general, la RT y RL a los cambios de  $CE_{ex}$  y de PSI del horizonte A superaron a los del horizonte B<sub>2</sub> con una misma calidad de agua y en ambos horizontes, las más altas RT y RL ocurrieron en los suelos regados con agua más salina y sódica. El lavado de sales y el intercambio catiónico fueron los principales mecanismos de recuperación. Los datos son insuficientes para abordar el tamaño del área estudiada y la variabilidad intrínseca de la salinidad y la sodicidad, por lo que no se pretende arribar a conclusiones definitivas sobre la sustentabilidad de los agroecosistemas. Sin embargo, la cuantificación de la RT y la RL a la degradación salina y sódica efectuadas con los modelos, parece resumir adecuadamente el comportamiento de los suelos estudiados y permite realizar comparaciones entre suelos regados con aguas de diferente calidad.

## LITERATURA CITADA

- . Costa, J. 1999. Effect of irrigation water quality under supplementary irrigation on soil chemical and physical properties in "Southern Humid Pampas of Argentina". *J. Crop Production* 2(2):85-99
- . Doran, J; M. Sarrantonio & M. Liebig. 1996. Soil health and sustainability. In *Advances in Agronomy*, Vol 56, D. Sparks (ed). Academic Press, San Diego, pp 1-54.
- . Génova, L. 1993. Estudio de la degradación de suelos bajo riego complementario de cultivos extensivos con aguas subterráneas del acuífero Pampeano en el norte de Buenos Aires. XIV Congreso Argentino de la Ciencia del suelo. 347:348 pp. Octubre de 1993. Mendoza.
- . Génova, L. 1996. Efecto de aguas subterráneas bicarbonatadas sódicas en suelos pampeanos Argiudoles típicos de las Pcias. de Buenos Aires y Santa Fe, regados complementariamente por aspersión con equipos de pivote central. Informe Gerencia de Producción Dekalb SA.
- . Génova, L. 2003. Resistencia y resiliencia de suelos pampeanos a la degradación salina y sódica, disturbados por riego complementario. Enviado a la Revista Facultad de Agronomía, UBA.
- . Herrick, J. & M. Wander. 1998. Relationships between soil organic carbon and soil quality in cropped and rangeland soils. The importance of distribution, composition and soil biological activity. *Adv. in Soil Sci.* CRC Press, B. Ratón, Florida, pp 405-426.
- . Marano, R. 2000. Efectos del agua subterránea en suelos de la región centro-este de la Provincia de Santa Fe, regados suplementariamente. Tesis de Maestría en Ciencias Agronómicas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.
- . Maserá, O; M. Astier y S. López R. 1999. Sustentabilidad y evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Mundi-Prensa-GIRA-UNAM. México.
- . Richards, L.. Ed. 1954. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual de agricultura N° 60. Lab. de Salinidad del Dep. de Agric. EE. UU. Riverside. Washington. 172 pp.
- . Seybold, C; J. HERRICK & J. BREJDA. 1999. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. *Soil Sci.* 164:4:224-234
- . Szabolcs, Y. 1995. Introduction to the symposium on "Stressed ecosystems and soil resilience". In *Proc. 15th World Congress of Soil Science*, Acapulco, Méx. Vol 2 a:218-220.