



## APLICACION DE INDICADORES DE SUELOS Y DE CALIDAD DEL AGUA EN LA GESTION DEL RIEGO COMPLEMENTARIO

López de Sabando, M.J.<sup>1</sup>, J.M. Gutierrez<sup>2</sup>, M. Díaz-Zorita<sup>3</sup>

<sup>1</sup> INTA Tandil, Rodríguez 370, (7000) Tandil. [sabando.marcelo@inta.gob.ar](mailto:sabando.marcelo@inta.gob.ar)

<sup>2</sup> CropSoil, (7000) Tandil. [gutierrez.juanmartin@gmail.com](mailto:gutierrez.juanmartin@gmail.com)

<sup>3</sup> Facultad de agronomía, UNLPam, Ruta Nacional 35 km 334, (6300) Santa Rosa (La Pampa), [mdzorita@agro.unlpam.edu.ar](mailto:mdzorita@agro.unlpam.edu.ar)

### RESUMEN

La expansión e intensificación de la aplicación de riego complementario en sistemas agropecuarios extensivos en la región pampeana condujo al aumento en la frecuencia de casos con evidente deterioro en propiedades físicas de los suelos afectando su capacidad de producción. En la gestión del riego se requiere de la aplicación de decisiones sustentadas, entre otros, en indicadores edáficos e hídricos que permitan prevenir el deterioro en la calidad de los suelos. Entre estos indicadores, la utilización de la relación de adsorción de sodio ajustada por el factor de dilución que considera los aportes de agua de riego y las precipitaciones durante el periodo bajo proyección (RASfd) sería una herramienta sensible a considerar. Los objetivos del trabajo fueron, a partir de estudios en condiciones extensivas de producción agropecuaria en el sudeste bonaerense: (i) validar el uso de RASfd como herramienta para ayudar a gestionar el riego complementario, e (ii) identificar propiedades de suelo y sus valores umbrales a considerar para el seguimiento y análisis de la evolución de propiedades edáficas en áreas bajo riego complementario. Se evaluaron 23 sitios con áreas de secano y áreas con riego. Al aumentar el RASfd también aumentó la densidad aparente, la conductividad eléctrica, el pH y el PSI medidos en las capas hasta 10 y hasta 20cm de profundidad. La infiltración básica disminuyó 70% en condiciones de RASfd de 3,4, validando su aplicación para la gestión del riego. La evaluación del uso de PSI en 0 a 20cm fue un indicador sensible de los efectos del riego sobre propiedades fisicoquímicas de los suelos. En condiciones predominantes en el sudeste bonaerense, el valor umbral reportado de 3,5 de RASfd puede ser considerado excesivo. El valor umbral de 3,5 de RASfd se asoció con niveles de PSI de 3 y con reducción de la infiltración básica >60%.

**PALABRAS CLAVE:** RAS factor de dilución, PSI, infiltración, agricultura extensiva.

### INTRODUCCION

En los sistemas con riego complementario de la región pampeana, los aportes de agua varían entre el 10 y el 30 % del total de agua recibida por el cultivo. Esta práctica permite incrementar y estabilizar los rendimientos de diferentes cultivos (Lavado, 2009). En el sudeste de la región pampeana se ha descrito un incremento en la superficie con riego superando las 80 000 ha en campaña 2019. La calidad del agua de riego utilizada presento rangos de conductividad eléctrica de <1 a 1,3 y rangos de relación de adsorción de sodio (RAS) promedio según zona de 7 a 13 (Angelini *et al.*, 2022). Según Riverside y según FAO las aguas descritas son clasificadas como de moderado a alto riesgo de salinización y de moderado alto y muy alto riesgo de sodificación (Ayers y Westcot, 1987).

Se han reportado degradación de propiedades químicas y físicas de los suelos por efecto de riego. En un lote de centro de la región pampeana Torres Duggan *et al.* (2012) han observado en áreas con riego incrementos en los niveles de porcentaje de sodio intercambiable (PSI), en los niveles de pH y de conductividad eléctrica (CE) en relación a las áreas en secano. También en el centro de la región pampeana se observaron incrementos de PSI, de CE y de



pH en los primeros estratos de los suelos según 11 años de riego con aguas bicarbonatadas sódicas con RAS de 10,6. En este experimento también se observó incrementos de 400% y 600% de los valores iniciales de PSI según los años con riego complementario fueron 4 y 11, respectivamente (Andriulo *et al.*, 1998). En el sudeste de la región pampeana, Costa y Aparicio (2015) observaron incrementos de los niveles de PSI, de pH y de CE y también disminución de los niveles de infiltración.

Con objetivo de ajustar la gestión del riego se han propuesto metodologías que dan lugar a utilización de láminas de riego según la región, la calidad del agua utilizada y la frecuencia de riego. La clasificación de Riverside y de FAO estableció riesgos de salinización y de sodificación según los niveles de conductividad eléctrica y de relación de adsorción de sodio (Ayers y Westcot, 1987). La clasificación de aguas para riego complementario desarrollada por INTA para la región pampeana consideró, además de la CE y de la RAS del agua, algunas propiedades de suelos e incorporó límite de lámina media anual de agua. Otra propuesta desarrollada también en la región pampeana por Costa y Aparicio (2015) consideró RAS ajustado por factor de dilución. Establecieron el factor de dilución relacionando la lámina de agua de riego en relación a la lámina de agua total. La lámina de agua total contempló tanto las precipitaciones como el riego complementario. Además, estos autores lograron determinar un umbral de RAS ajustado por factor de dilución (RASfd) por debajo del cual no observaron diferencias de infiltración significativas en relación a las áreas de secano. El umbral de RASfd establecido fue de 3,5, y lo validaron en condiciones de campo y con datos de experimentos en macetas. Las calidades de las aguas de los sitios en condiciones de campo utilizados para la validación fueron de 0,8 a 2,0 de conductividad eléctrica y de 10,0 a 15,1 de RAS. La utilización de RASfd puede ayudar a decisiones de gestión de riego. Sin embargo, resulta necesario validar en un mayor rango de situaciones de calidad de agua y de láminas de riego los resultados observados.

Por otro lado, los efectos de riego complementario sobre las propiedades físicas han sido evaluados considerando la infiltración y la densidad aparente como variables de diagnóstico (Costa y Aparicio, 2015; Torres Duggan *et al.*, 2012). Estas evaluaciones requieren de personas con experiencia y formación para lograr datos de calidad. La utilización de propiedades químicas de suelos, que puedan ser incorporadas en los muestreos de suelos correspondientes a los diagnósticos para la nutrición de los cultivos, que muestren asociación con la densidad aparente y la infiltración resultan necesarias para el monitoreo de las áreas bajo riego.

Los objetivos de este trabajo fueron: (i) validar el uso de RASfd como herramienta para ayudar a gestionar el riego complementario, e (ii) identificar propiedades de suelo y valores umbrales que puedan utilizarse para el monitoreo de las áreas con riego.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Descripción general y diseño de experimento**

Los sitios experimentales fueron 23 lotes ubicados en sudeste de la región pampeana (Argentina). La lámina de riego acumulada en los últimos 25 años en los sitios tuvo un rango de 180 a 2485 mm. El rango de Ras promedio de las aguas de riego fue de 1,0 a 18,9. Mientras que las precipitaciones promedio anuales presentaron un rango en los sitios de 850 a 1045 mm. En todos los casos el riego complementario se realizó por aspersión (pivote central).

Se evaluó la condición de secano y de riego considerando a los sitios como repeticiones. El tratamiento secano correspondió a los *corners* o esquinas del lote que no reciben riego. El tratamiento riego correspondió al área correspondiente al círculo de riego. Se calculó para cada sitio de riego el RAS factor de dilución (Costa y Aparicio, 2015). Los valores de RAS factor de dilución (RASfd) fueron calculados integrando la totalidad de años de historia de riego, y además fraccionado los cálculos en forma anual. Se utilizó el valor máximo de RASfd para caracterizar el sitio de riego. Esto se realizó para contemplar el efecto de dilución de las sales aportadas por el riego con las precipitaciones origen de la propuesta del factor de dilución (Costa y Aparicio, 2015).

### **Evaluaciones de propiedades químicas y físicas de los suelos**

Se evaluaron las propiedades químicas en los estratos: 0-10 y 0-20 cm, tomando muestras compuestas de 20 submuestras. Se determinó: materia orgánica (Nelson y Sommers, 1996), contenido de cationes intercambiables por absorción atómica, capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH y conductividad eléctrica (CE). Se determinó la tasa de infiltración (TI; Soil Quality Institute, 1999; n=4), densidad aparente de 0 a 5 cm (Dap 0-5) y de 10 a 15 cm (Dap 10-15 cm) por método del cilindro (n=3), resistencia a la penetración con penetrómetro hidráulico con punta de 60° (n=10), y estado de la estructura del suelo mediante adaptación de prueba de estallido por Peralta (2008). Las muestras de agua se analizaron utilizando las metodologías propuestos por SAMLA (2004).

### Análisis estadístico

Se realizaron análisis de correlaciones (Pearson,  $p < 0,10$ ) y prueba de T para un diseño apareado. Cuando la variable fue evaluada en distintas profundidades la comparación se realizó dentro de cada profundidad.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El riego complementario incrementó los niveles de CE, PSI y pH tanto en los primeros 10 cm de suelos como en los primeros 20 cm de suelos en relación a las áreas de secano (Datos no presentados). Además, las áreas de riego también mostraron mayores niveles de densidad aparente de 0 a 5 cm ( $p < 0,0001$ ) y de 10 a 15 ( $p = 0,0003$ ) y menores niveles de infiltración básica ( $p = 0,0015$ ) en comparación con las áreas de secano (Figura 1).

El PSI en estrato de 0 a 20cm de suelos se destacó entre las propiedades estudiadas por su correlación con propiedades químicas y físicas de los suelos. Las principales propiedades de suelos que han sido descritas en la región pampeana con cambios asociados al riego complementario son CE, pH, infiltración y densidad aparente (Torres Duggan *et al.* 2012, Costa y Aparicio 2015, Andriulo *et al.*, 1998, Pilatti *et al.*, 2006). En estas condiciones de evaluación, el PSI mostro adecuada correlación con propiedades químicas como la CE y el pH. Además, el PSI en estrato de 0 a 20cm mostró correlación con propiedades físicas de los suelos. Se observó correlación positiva con la densidad aparente y los terrones de mayor tamaño obtenidos del test de estallido y correlación negativa con la infiltración básica y con los terrones de menor tamaño obtenidos en el test del estallido (Tabla 1). Para las condiciones evaluadas, el PSI de 0 a 20cm puede ser considerado como la variable para el monitoreo de los efectos del riego sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos.

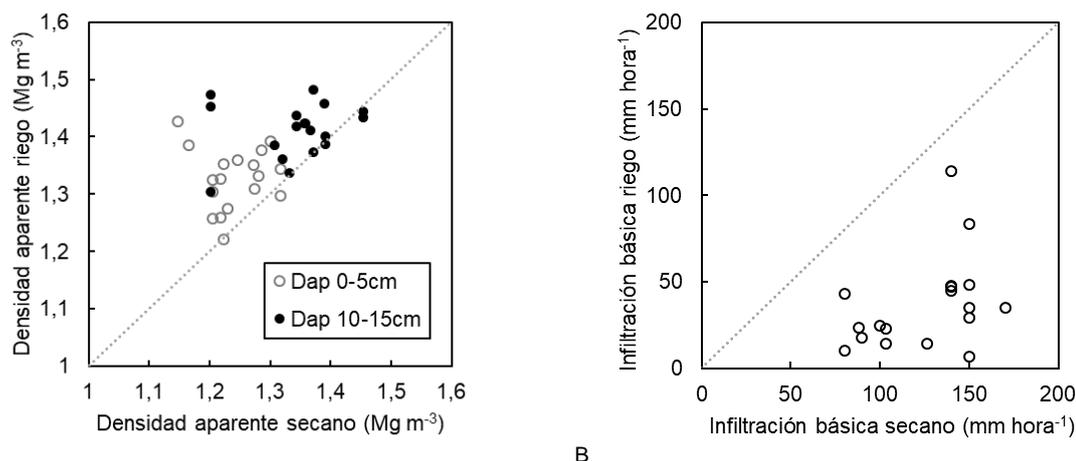


Figura 1: Relación entre observaciones en área de secano y área bajo riego complementario para densidad aparente (A) e infiltración básica (B). Los datos de densidad aparente (Dap) corresponden a dos profundidades de 0 a 5 cm de suelo y de 10 a 15 cm de suelos. Sitio de la región pampeana (Argentina).

La propuesta de Costa y Aparicio (2015) que ajusta los valores de RAS del agua según el uso de riego y las precipitaciones mostró, en general, mejores correlaciones con propiedades químicas y físicas de suelos en comparación con la RAS sin ajuste por factor de dilución y en comparación con los niveles de riego acumulado. El RASfd se correlacionó positivamente con la densidad aparente, con los terrones de mayor tamaño en test de estallido, con la CE, con

los niveles de pH y de PSI en estrato de 0 a 10cm y en estrato 0 a 20cm. Mientras que se correlacionó negativamente con la infiltración y con los terrones de menor tamaño en test de estallido (Tabla 1). Además, el RASfd mostró mejor asociación con PSI que lo observado con RAS sin ajuste por factor de dilución (Figura 2).

El valor umbral de 3,5 de RASfd propuesto por Costa y Aparicio (2015) puede ser considerado excesivo para las condiciones evaluadas en este experimento. Considerando la relación observada entre RASfd y PSI para los datos disponibles, el valor de 3,5 de RASfd determina un valor de 3 de PSI. Con niveles de PSI de 3 se observaron reducciones de infiltración básica mayores a 70% (Figura 2). Los valores umbrales de RASfd a determinar dependieron del deterioro aceptable de propiedades como infiltración y densidad aparente. Por otro lado, resulta necesario ajustar la relación entre los aportes de sodio por uso de riego y los incrementos de los niveles de PSI de los suelos y su posterior correlato con deterioro de propiedades físicas. Ha sido reportado una diferencia en la afinidad del sodio de dos tipos de suelos (Balcarce y Tres Arroyos) para condiciones de la región (Aparicio *et al.*, 2014). A su vez, sería esperable que distintas prácticas de manejo confieran una diferencia de resiliencia de parámetros físicos ante cambios del PSI.

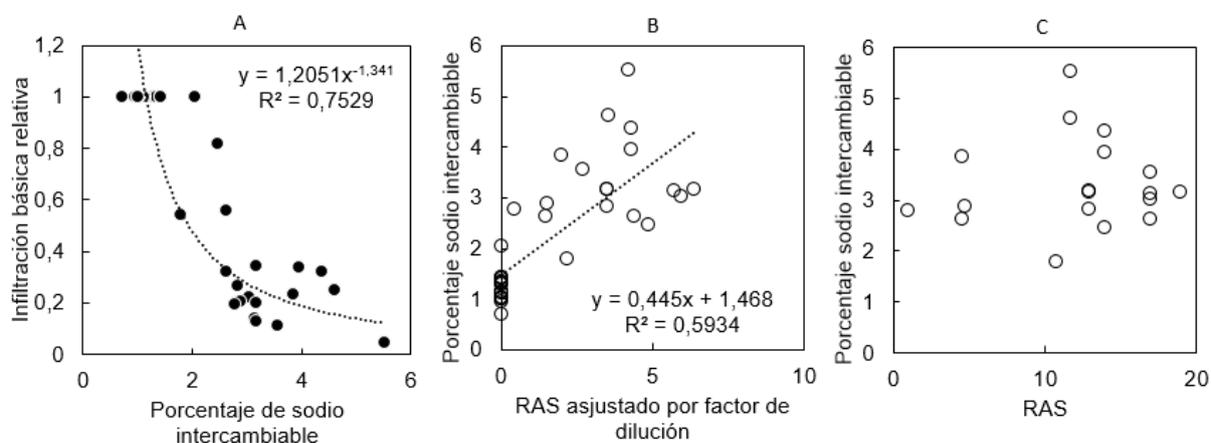


Figura 2: Infiltración básica promedio relativa al testigo según el porcentaje de sodio intercambiable en los primeros 20 cm de suelos (A), niveles de porcentaje de sodio intercambiable de 0 a 20 cm de suelos según la relación de adsorción de sodio del agua de riego ajustado por el factor de dilución (RASfd; Costa y Aparicio, 2015) (B) y los niveles de porcentaje de sodio intercambiable de 0 a 20 cm de suelos según la relación de adsorción de sodio del agua de riego (C). Ras= Relación de adsorción de sodio del agua de riego. Sitio de la región pampeana (Argentina).

## CONCLUSIONES

El PSI de 0 a 20cm mostro correlación con propiedades químicas y físicas que han sido descriptas con cambios por uso de riego. El PSI de 0 a 20cm resultó la variable destacada para el monitoreo de los efectos del uso del riego complementario sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos.

El RASfd mostro adecuada correlación con las propiedades de suelos que mostraron cambios con el uso de riego. El RASfd resultó conveniente para apoyar decisiones de gestión del riego. El valor umbral propuesto de 3,5 RASfd fue excesivo para las condiciones evaluadas.

Coeficientes/ Probabilidades	Densidad aparente		Resistencia a la penetración					Infiltración			Test de estallido			Propiedades de suelos en 0-10cm					Propiedades de suelos en 0-20cm							Riego					
	Dap 0-5cm	Dap 10-15cm	RP 0-5cm	RP 5-10cm	RP 10-15cm	RP 15-20cm	RPmax 5-40cm	Infiltración básica	Infiltración básica relativa testigo	Terrones >10cm	Terrones 5-10cm	Terrones <5cm	MO	CE	pH	CIC	PSI	MO	CE	pH	CIC	PSI	Arena	Arcilla	Limo	IMO	CE	pH	RAS	Riego acumulado 25 años	RASfd
Dap 0-5cm	1,00	0,002	0,690	0,180	0,060	0,030	0,570	0,000	0,000	0,340	0,000	0,002	0,230	0,530	0,010	0,900	0,040	0,100	0,710	0,010	0,030	0,000	0,670	0,210	0,280	0,190	0,200	0,080	0,310	0,005	0,000
Dap 10-15cm	0,49	1,00	0,760	1,000	0,780	0,730	0,930	0,001	0,000	0,140	0,050	0,060	0,004	0,330	0,010	0,470	0,010	0,010	0,900	0,010	0,010	0,000	0,180	0,140	0,040	0,160	0,470	0,990	0,050	0,040	0,002
RP 0-5cm			1,00	0,000	0,000	0,001	0,010	0,450	0,930	0,850	0,280	0,630	0,760	0,050	0,310	0,180	0,250	1,000	0,220	0,690	0,220	0,480	0,080	0,530	0,060	0,380	0,850	0,540	0,690	0,680	0,810
RP 5-10cm			0,88	1,00	0,000	0,000	0,001	0,090	0,460	0,380	0,640	0,350	0,280	0,070	0,190	0,030	0,030	0,400	0,290	0,430	0,040	0,640	0,020	0,830	0,030	0,650	0,910	0,690	0,770	0,300	0,660
RP 10-15cm	-0,31		0,74	0,94	1,00	0,000	0,001	0,030	0,250	0,160	0,150	0,090	0,160	0,130	0,100	0,020	0,010	0,210	0,380	0,300	0,010	0,210	0,040	0,660	0,040	0,980	0,930	0,720	0,400	0,350	0,230
RP 15-20cm	-0,35		0,55	0,82	0,95	1,00	0,001	0,004	0,060	0,100	0,020	0,010	0,150	0,210	0,070	0,010	0,003	0,160	0,370	0,220	0,002	0,030	0,050	0,640	0,040	0,930	0,900	0,920	0,350	0,200	0,080
RPmax 5-40cm			0,43	0,54	0,51	0,54	1,00	0,490	0,990	0,350	0,540	0,890	0,003	0,000	0,140	0,001	0,340	0,002	0,000	0,010	0,010	0,870	0,180	0,830	0,190	0,060	0,003	0,080	0,330	0,820	0,090
Infiltración básica	-0,73	-0,53		0,28	0,37	0,47		1,00	0,000	0,030	0,000	0,000	0,090	0,830	0,002	0,200	0,000	0,070	0,710	0,001	0,002	0,000	0,510	0,900	0,520	0,190	0,710	0,690	0,650	0,000	0,000
Infiltración básica relativa testigo	-0,66	-0,56				0,32		0,92	1,00	0,010	0,000	0,000	0,070	0,400	0,020	0,490	0,002	0,080	0,180	0,002	0,010	0,000	0,190	0,660	0,170	0,380	0,510	0,720	0,890	0,000	0,000
Terrones >10cm						-0,28		-0,37	-0,42	1,00	0,060	0,000	0,720	0,150	0,600	0,690	0,320	0,960	0,120	0,320	0,210	0,000	0,100	0,260	0,040	0,380	0,060	1,000	0,090	0,002	0,290
Terrones 5-10cm	0,63	0,36				-0,43		-0,67	-0,74	0,34	1,00	0,000	0,500	0,070	0,020	0,760	0,020	0,560	0,030	0,010	0,100	0,000	0,180	0,340	0,080	0,860	0,700	0,700	0,670	0,002	0,000
Terrones <5cm	-0,54	-0,34		0,31	0,43			0,65	0,73	-0,72	-0,86	1,00	0,740	0,020	0,120	0,730	0,080	0,810	0,020	0,030	0,180	0,000	0,090	0,190	0,020	0,510	0,100	0,700	0,010	0,000	0,002
MO		-0,47					-0,48	0,29	0,31				1,00	0,350	0,010	0,004	0,080	0,000	0,050	0,000	0,270	0,080	0,510	0,990	0,580	0,000	0,080	0,120	0,900	0,320	0,090
CE			0,33	0,30			0,64			0,33	-0,41		1,00	0,520	0,070	0,350	0,330	0,000	0,030	0,020	0,250	0,030	0,620	0,030	0,780	0,350	0,490	0,740	0,060	0,070	
pH	0,43	0,43			-0,28	-0,31		-0,49	-0,38	0,43			-0,44	1,00	0,490	0,020	0,010	0,100	0,000	0,004	0,005	0,210	0,160	0,760	0,001	0,001	0,010	0,040	0,060	0,000	
CIC					-0,36	-0,39	-0,44	-0,52		0,47	-0,31		1,00	0,550	0,010	0,010	0,800	0,010	0,010	0,800	0,000	0,530	0,060	0,280	0,020	0,180	0,380	0,130	0,730	0,700	0,980
PSI	0,34	0,44			-0,36	-0,44	-0,49	-0,61	-0,49	0,41	-0,32		-0,29	0,39		1,00	0,130	0,860	0,010	0,060	0,000	0,710	0,460	0,460	0,110	0,440	0,570	0,640	0,020	0,010	
MO	-0,28	-0,41					-0,49	0,31	0,29				0,97			1,00	0,100	0,050	0,000	0,190	0,200	0,530	0,940	0,610	0,000	0,080	0,100	0,870	0,270	0,130	
CE							0,72			0,38	-0,42		-0,33	0,91	0,28	-0,42	-0,33	1,00	0,001	0,040	0,080	0,080	0,120	0,010	0,420	0,110	0,030	0,920	0,040	0,010	
pH	0,44	0,43					0,45	-0,55	-0,51	0,48	-0,39		-0,58	0,37	0,84	0,43	-0,58	0,54	1,00	0,070	0,000	0,900	0,370	0,540	0,001	0,001	0,050	0,130	0,010	0,000	
CIC	0,36	0,41			-0,34	-0,42	-0,49	-0,44	-0,51	0,30			-0,38	0,47	0,68	0,32	-0,34	0,31	1,00	0,005	0,260	0,490	0,550	0,610	0,880	0,220	0,160	0,090	0,010		
PSI	0,57	0,61				-0,35		-0,84	-0,89	0,57	0,79	-0,81	-0,30	0,46	0,61		0,30	0,58	0,46	1,00	0,160	0,340	0,070	0,650	0,820	0,740	0,750	0,000	0,000		
Arena			0,29	0,38	0,34	0,33				0,28	-0,31		0,37		-0,32		0,30			1,00	0,640	0,000	0,010	0,340	0,150	0,270	0,370	0,200			
Arcilla																					1,00	0,002	0,870	0,950	0,960	0,680	0,220	0,680			
Limo		-0,34	-0,32	-0,35	-0,34	-0,34				-0,35	-0,32	0,42		-0,37	0,39						-0,41					0,450	0,370	0,280	0,140	0,170	
IMO							-0,31						0,81		-0,51		0,84			-0,52		0,45		-0,38	1,00	0,070	0,100	0,480	0,600	0,480	
CE							0,66			-0,44	0,41		-0,42	0,70			-0,43			0,70						-0,43	1,00	0,000	0,000	0,120	0,000
pH	0,92						0,92							0,99			-0,90	0,97	0,95							1,00	1,00	0,000	0,510	0,040	
RAS		0,47								-0,41	0,64			0,49												0,77	1,00	1,00	0,050	0,000	
Riego acumulado 25 años	0,46	0,34						-0,68	-0,78	0,50	0,55	-0,75	0,31	0,32	0,40		0,34	0,45	0,29	0,69								-0,46	1,00	0,001	
RASfd	0,59	0,50				-0,30	0,29	-0,72	-0,79	0,72	-0,54		-0,29	0,30	0,56	0,45	0,41	0,70	0,46	0,77						0,76	0,96	0,88	0,52	1,00	

Tabla 1: Análisis de correlación entre variables. Probabilidad con fondo de celda indicando significancia a niveles de <0,05 en gris oscuro, de 0,05 a 0,10 en gris claro y de >0,10 en fondo blanco. Correlación entre variables con fondo según nivel de significancia: Fondo verde correlación positiva significativa, fondo rojo correlación negativa significativa. Dap= Densidad aparente. RP= Resistencia a la penetración promedio. RPmax= Resistencia a la penetración máxima. MO= Materia orgánica. CE= Conductividad eléctrica. CIC= Capacidad de intercambio catiónico. PSI= Porcentaje de sodio intercambiable. IMO= Relación entre la materia orgánica y la materia de arcilla más limo (Pieri, 1995). RAS: Relación de adsorción de sodio. RASfd: Relación de adsorción de sodio máxima ajustado por factor de dilución (Costa y Aparicio, 2015).

## BIBLIOGRAFIA

- Andriulo, A; ML Galetto; C Ferreira; G Cordone & C Sasal. 1998. Efecto de 11 Años de riego complementario sobre un Argiudol típico Pampeano. *Ciencia del Suelo* 16: 125-127.
- Angelini, H.P., J.L. Costa & V.C. Aparicio. 2022. Expansión del riego: Tipo de suelo, pendiente y calidad de agua en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*:121(1): 1-14.
- Aparicio, C.V., A. Barbacone & J.L. Costa. 2014. Efecto de la calidad de agua para riego complementario sobre algunas propiedades químicas edáficas. *Ciencias del Suelo* 32(1): 95-104.
- Ayers, RS & DW Westcot. 1987. Calidad del agua para la agricultura. Cuadernos de riego y drenaje 29. FAO. Roma.
- Costa, J.L. & V. C. Aparicio. 2015. Quality assessment of irrigation water under a combination of rain and irrigation. *Agric. Water Management* 159:299-306.
- Costa, J.L.; V.C. Aparicio; L.F. Salleses & F.D. Frolla. 2016. Effect of tillage and application of gypsum In a No-Till field under supplementary irrigation with sodium bicarbonate waters. *Agricultural Water Management* 177: 291-297.
- De Battista, J.J., Andriulo A. & C. Pecorari. 1993. El perfil cultural: un método para la evaluación de sistemas de cultivo. *Cia. Suelo*, 10: 89-93.
- INTA. 1999. Recomendaciones para la utilización de aguas para riego en función de su calidad, síntesis de los trabajos realizados en las unidades del INTA-IPG. Seminario de capacitación. Impacto ambiental del riego complementario. Pergamino, Argentina. 87 p.
- Lavado, RS. 2009. Salinización y sodificación de suelos de producción agrícola extensiva por riego complementario. En: Alteraciones de la fertilidad de los suelos. Taboada, MA y Lavado, RS (Editores). Editorial FAUBA. 163 p.
- Mon, R; C Iruetia; FG Botta; O Pozzolo; F Bellora Melcón; D Rivero David & M Bomben. 2007. Effects of supplementary irrigation on chemical and physical soil properties in the Rolling Pampa region of Argentina. *Ciencia e Investigación Agraria* 34: 143-150.
- Nelson, DE & LE Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, organic matter. 961-1010 p. In: JM Bigham (eds). *Methods of Soil Análisis* (part 3). ASA and SSA, Madison. WI. USA.
- Peinemann, N.; M. Díaz Zorita; M.B. Villamil; H. Lusarreta & D. Grunewald. (1998). Consecuencias del riego complementario sobre propiedades edáficas en la llanura pampeana. *Ciencia del suelo* 16(1): 39-42.
- Peralta, G.E. 2008. Estructura de suelos manejados en siembra directa: efectos sobre la extracción y conversión de agua en el cultivo de soja (*Glycine max* L. Merrill). Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires, Área Ciencias Agropecuarias. 291 pp.
- Pilatti, MA; S Imhoff; P Ghiberto & R Marano. 2005 Changes in some physical properties of Mollisols induced by supplemental irrigation. *Geoderma* 133: 431-443.
- SAMLA, 2004. Sistema de Apoyo Metodológico a los Laboratorios de Análisis de Suelo, Aguas, Vegetales y Enmiendas Orgánicas: análisis de aguas. 1° edición. SAGyP. Dirección de Agricultura. CD Rom.
- Soil Quality Institute. 1999. Soil Quality test kit guide. NRCS Soil Quality Inst., Auburn, AL.
- Torres Duggan, M., C.R. Álvarez, M.A. Taboada, T. Celesti, F. Vignarolli & D. D'Ambrosio. 2012. Riego complementario en un Argiudol Tipico de la Pampa Ondulada Argentina bajo siembra directa: efectos sobre algunas propiedades químicas y físicas del suelo. *Ciencias del suelo*:30(2):201-207.
- Pieri, C. (1995). Long-term soil management experiments in semiarid Francophone Africa. *Adv. Soil Sci.* 225-264 pp.