

EVALUACION DE LA CALIDAD DE SUELOS PAMPEANOS REGADOS COMPLEMENTARIAMENTE CON AGUAS SUBTERRANEAS

Génova, L.

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. hidroagri@agro.unlp.edu.ar

PALABRAS CLAVE: resiliencia y resistencia edáficas; sustentabilidad de agroecosistemas.

INTRODUCCION

El riego complementario de cultivos extensivos en la región pampeana disturba al suelo, causando impactos de naturaleza, intensidad, duración y consecuencias variables. Comenzó a difundirse a principios de la década de 1980, con dudas referentes a su factibilidad técnico-económica y al impacto ambiental. Desde una perspectiva individual, el productor agropecuario optimizó sus resultados económicos incorporando el riego a las prácticas de manejo agronómico de los cultivos, ocupando actualmente 200.000 ha (PROSAP, 2006), pero desde una perspectiva social, es necesario alcanzar la sustentabilidad de los agroecosistemas, manteniendo en el tiempo una serie de objetivos o propiedades deseadas. Maser *et al* (1999) propusieron la utilización de criterios de diagnóstico para la evaluación de la sustentabilidad de sistemas de manejo agrícolas, que sirvan de vínculo entre los atributos genéricos, los puntos críticos y los indicadores, con la finalidad de evaluar la sustentabilidad. Un criterio de diagnóstico integral es la calidad del suelo, con el enfoque de Parr *et al* (1992), cuando manifiestan que "un suelo de calidad se define como aquél que tiene la capacidad de producir cultivos sanos y nutritivos de una forma sostenida en el largo plazo y de promover, al mismo tiempo, la salud humana y animal, sin detrimento de los recursos naturales base o el medio ambiente circundante".

El término resiliencia RL del suelo fue incorporado a la ciencia edáfica, para remitir los temas de ecología de suelos al uso sustentable de tierras y crear una teoría común que describa la reacción del suelo a rangos de disturbios. Warkentin (1996) resumió las relaciones entre sustentabilidad y RL de la siguiente manera: "la calidad del suelo es la llave de la sustentabilidad" y Doran *et al* (1996) aportaron que "la dirección de la calidad del suelo con el tiempo es un indicador primario del manejo sustentable". Seybold *et al* (1999) clarificaron el concepto de RL y su pertenencia al suelo, definieron sus relaciones con la calidad de suelo y revisaron la literatura sobre su medición. Adoptaron la definición de Herrick y Wander (1998): "resiliencia del suelo es la capacidad de un suelo de recuperar su integridad funcional y estructural después de un disturbio", aunque Rozanov (1994) y Lang (1994) hayan definido la RL del suelo como la capacidad de resistir cambios causados por un disturbio. Como la resistencia RT es un importante componente de la estabilidad de los ecosistemas, Williams y Chartres (1991) diferenciaron RT de RL al expresar: "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". Lal (1997), definiendo la calidad edáfica como la capacidad del suelo para producir bienes y servicios económicos y para cumplir funciones de regulación ambiental, enfatizó las relaciones entre la degradación de suelos y la RL, importantes en la producción de alimentos y en el desarrollo sostenible. Aconsejó realizar experimentación de campo para coleccionar datos que permitan vincular calidad, degradación y RL del suelo, identificar indicadores y determinar límites críticos de las propiedades más importantes de la degradación y la RL, reconociendo la necesidad de desarrollar técnicas para medir la RL. Refiriéndose a la productividad agronómica de los suelos y su RL, explicó que los suelos no resilientes pueden caer rápidamente por debajo del nivel económico al disminuir su calidad al inicio de los procesos degradativos, mientras que los suelos resilientes son altamente productivos, no se someten a los pronto cambios degradativos y su calidad es fácil y rápidamente restaurada.

Cork *et al* (2012) sintetizaron los avances de los estudios ecológicos que incluyen los procesos de transformación de insumos en productos que realizan los ecosistemas y los servicios que generan, definidos como los flujos derivados de esos procesos y que son benéficos para los seres humanos, indicando que los ecosistemas son resilientes cuando pueden hacer frente, adaptarse o reorganizarse sin renunciar a la prestación de dichos servicios. Para evaluar la RL edáfica se

enfatisa la importancia de considerar las degradaciones identificando los umbrales de cambio y que pueden existir ecosistemas en múltiples estados de estabilidad, por lo que la RL es la propiedad del sistema que lo mantiene dentro de los límites de un determinado estado. En Argentina, Vázquez *et al* (2013) caracterizaron la RL de 4 componentes de la materia orgánica de suelos ubicados en zona árida, comparando tres sitios con distintos manejos ganaderos y aplicando la escala de Lal (1997) concluyeron que el método utilizado es una excelente herramienta para evaluar la sustentabilidad de prácticas de manejo.

Génova (1993) formuló un modelo conceptual sobre la existencia de un mecanismo natural de control de la salinización y sodificación edáfica en la Pampa Húmeda, operado por la interrelación de varios factores y procesos, como el régimen de lluvias, del orden de 950 mm anuales frente al aporte de no más de 300 mm de agua por temporada de riego, el lavado de sales, la abundancia de calcio intercambiable, el intercambio catiónico favorecido por la mayor actividad del ión calcio en soluciones diluidas, la drenabilidad de los suelos y la escasa influencia del acuífero freático, sin vincular estos conceptos con la sustentabilidad, RL y RT. Posteriormente intervino en el desarrollo del riego complementario, trabajando en la generación, difusión y transferencia tecnológica (Génova 1994 a, b, c, 1995) y realizó una exhaustiva revisión bibliográfica sobre el impacto del riego pampeano (Génova 2003), citando resultados contradictorios, pues mientras un grupo de autores manifestaban la inconveniencia de usar aguas subterráneas, otros interpretaban que los disturbios generados por el riego no alcanzan magnitudes que comprometan la sustentabilidad de los agroecosistemas. El mismo autor, investigando durante 20 años las causas y efectos de la degradación salina de los suelos regados y la relación con la calidad del agua, concluyó que el sistema de manejo agronómico bajo riego complementario en la Pampa Húmeda es sustentable debido a que la RL edáfica no es superada por el riego con aguas bicarbonatadas sódicas, a causa de procesos recuperativos que mantienen la calidad de los suelos Wyckers y Génova (1987), Génova (2003, 2006, 2007, 2010 a y b, 2011, 2013).

El objetivo general de este trabajo fue ampliar la información existente sobre el impacto del riego complementario en la Zona Núcleo Maicera, comparando la calidad de los suelos de secano con los regados durante el período 2005-2013, construyendo indicadores y caracterizando la resistencia y resiliencia edáfica a cambios en la salinidad y sodicidad, con la siguiente hipótesis: el sistema de manejo agronómico bajo riego complementario es sustentable.

MATERIALES Y METODOS

Durante el período 2005-2013 se tomaron 133 muestras de agua subterránea desde pozos ubicados en 180 lotes agrícolas de 18 establecimientos localizados en la Zona Núcleo Maicera ZNM de la Provincia de Buenos Aires, pertenecientes a los Partidos de Carmen de Areco, Chacabuco, Chivilcoy, Pergamino, Salto y Rojas, obteniéndose los siguientes indicadores: potencial hidrógeno pH_a , conductividad eléctrica CE_a , cationes sodio Na, calcio Ca y magnesio Mg y relación de adsorción de sodio RAS. De cada lote se extrajeron muestras compuestas de suelos a 2 profundidades (0-20 y 20-40 cm), con 4 repeticiones, antes de comenzar y al finalizar cada temporada de riego, determinándose materia orgánica MO, Na, Ca, Mg y potasio K intercambiables, capacidad de intercambio catiónico CIC, pH, conductividad eléctrica del extracto de saturación CE_{ex} y % de sodio de intercambio PSI, siguiendo el Programa de Métodos Analíticos de Referencia (1995). Los datos fueron analizados estadísticamente y correlacionaron mediante regresión lineal simple. Las aguas fueron clasificadas por los métodos del US Salinity Lab. (Richards *et al*, 1954) y del Proyecto IPG INTA (1998). Con los datos de CE_{ex} y PSI correspondientes a los suelos de secano y regados, se aplicaron los modelos de Herrik y Wander (1998) para evaluar la RL a cambios de CE_{ex} ($RLCE_{ex}$) y de PSI ($RLPSI$), para ambas variables $RL=(B-C)(A-C)^{-1}$ (ec.1) y la RT a cambios de CE_{ex} ($RTCE_{ex}$) y de PSI ($RTPSI$), para los dos casos $RT=C.A^{-1}$ (ec.2), donde A=capacidad de funcionamiento del suelo antes de sufrir el disturbio (datos de secano), B=nivel de recuperación a un nivel de equilibrio estabilizado de funcionamiento edáfico (datos de pretemporada de riego) y C=nivel de la función del suelo inmediatamente después de ocurrido el disturbio (datos de posttemporada). Los indicadores de calidad edáfica se agruparon en función de las series de suelos encontradas, definidas en la Carta de Suelos de la República Argentina (1998), comparándose la variación de los mismos a consecuencia del riego. Las RL y RT fueron correlacionadas entre sí y con los indicadores de calidad de aguas y suelos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las aguas de riego resultaron ser todas de naturaleza bicarbonatada sódica, en la Tabla N° 1 se presentan los valores medios de los indicadores y el resultado de su clasificación. Se excluyeron los datos de las aguas que regaron la Serie Gouin por considerarse escasos. La mayoría de las aguas de riego pertenecen a la clase C3S2 según el US Salinity Lab. y presentan ligeras a moderadas restricciones de uso respecto al impacto que podrían generar en los suelos, de acuerdo a la clasificación del IPG-INTA. Se asume que la clasificación del US Salinity Lab. tiene únicamente valor identificatorio, dada su amplia difusión, pero no es adecuada para pronosticar sus efectos en los suelos regados en zonas húmedas (Génova, 2011, 2013). La correlación entre la CE_a y la RAS resultó alta ($r^2= 0,88$), acompañando las mayores RAS a los crecientes valores de la CE_a , lo cual mantiene la aptitud del agua para riego, balanceando la peligrosidad de salinización con la de sodificación de los suelos, tal como explicaron Ayers y Westcot (1989), en función de los efectos contrarios que generan las sales y el Na en la floculación coloidal.

Tabla N° 1. Indicadores de la calidad del agua de riego de las series de suelos y su clasificación.

Series de suelo	CEa dS.m-1	RAS	US Sal Lab.	IPG Sales	INTA Sodio
Chacabuco	1,08	10,35	C3S2	L a M	L a M
Rojas	1,33	13,68	C3S3	L a M	L a M
Ramallo	0,99	7,73	C3S2	L a M	L a M
Urquiza	1,12	8,42	C3S2	L a M	L a M

L a M: ligera a moderada restricción de uso referida a peligrosidad salina y sódica de los suelos.

Los suelos estudiados correspondieron a las series Chacabuco y Gouin (Argiudoles ácuicos), Rojas y Urquiza (Argiudoles típicos) y Ramallo (Argiudol vértico). En la Tabla N° 2 se muestran los indicadores salinos y no salinos de calidad de suelos, como así también los incrementos y decrementos porcentuales ocurridos durante los años de riego. En general la reducción de los indicadores no salinos oscilaron entre el 10,2 y 24,4 % para la CIC, entre el 1,5 y 10,6 % para el % Ca y del 6,3 al 26,9 % para el % MO, con algunas excepciones, como los casos de la serie Rojas, que registró incrementos en la CIC y % Ca y de la serie Urquiza, donde aumentaron los % de Ca y Mo, aunque en muy pequeña magnitud. Todas las series de suelos incrementaron los valores de los indicadores salinos a causa del riego, resultando porcentualmente bajos los aumentos de pH y muy altos los incrementos de la CE_{ex} y del PSI. La serie Rojas manifestó los mayores aumentos, 433% en la CE_{ex} y 434% en el PSI, en cambio la serie Ramallo solo aumentó 88% la salinidad y 80% la sodicidad. Estas variaciones de magnitudes de los indicadores se estima que en el caso de CIC, Ca y MO son una consecuencia de la agricultura continua, sin rotaciones pastoriles y en el caso del pH, la CE_{ex} y PSI, sus aumentos son debidos al riego.

En la Tabla N° 3 se muestran los datos medios de los indicadores salinos de los suelos de secano y regados y los valores medios de RT y RL edáfica a cambios en sales y Na, apreciándose que en todas las series de suelos, los valores de PSI de secano son superados por los PSI de los suelos regados y que los registros de posttemporada de riego son mayores que los de pretemporada. Lo mismo ocurre con los datos de CE_{ex} . Este patrón de variación anual del PSI y de la CE_{ex} , coincide con lo reportado por Génova (2003, 2006, 2010 a y b), quien analizando series de tiempo de suelos regados, encontró una alternancia en los valores del PSI y de la CE_{ex} que crecen luego del período de riego (meses de noviembre a marzo) y decrecen durante los meses sin riego. La Figura N°1 permite observar que todas las series de suelos resultaron resilientes a la degradación salina y sódica, con valores de RL muy cercanos entre sí (coeficientes de variabilidad CV del 17 y 14 %, respectivamente), en cambio las RT al impacto salino presentaron mayores diferencias (CV=41 y 49%, respectivamente). Las series Ramallo y Urquiza obtuvieron las menores RT y las mayores RL a cambios del PSI, repitiéndose el comportamiento de la RL a cambios de la CE_{ex} , salvo la $RTCE_{ex}$ de la serie Gouin, que resultó levemente menor que la de la serie Urquiza. Esta conducta resiliente de los suelos, puede explicar el sostenimiento y expansión del riego complementario incorporado en la región, que además de minimizar los riesgos de disminución de

cosechas por déficit hídrico, estabilizó los rendimientos de los cultivos, muy superiores a las condiciones de secano, donde la mayor respuesta productiva es lograda por el maíz. Esta relación entre la RL y la productividad agronómica coincide con lo reportado por Lal (1997).

Tabla N° 2. Indicadores de calidad del suelo antes y después de ser regados y % de cambio.

Serie de suelo	Inicial (suelos de secano)						Suelos regados					
	CIC me.100g	% Ca	% MO	pH	CE _{ex} dS/m	PSI	CIC me.100g	% Ca	% MO	pH	CE _{ex} dS/m	PSI
Chacabuco	22,93	67,86	3,10	5,57	0,20	1,03	17,48	64,16	2,78	6,34	0,78	5,26
Gouin	22,73	70,76	3,20	5,60	0,18	1,32	17,63	68,20	3,00	6,33	0,37	5,67
Rojas	18,10	69,38	3,05	6,10	0,15	1,08	18,69	69,50	2,39	6,65	0,80	5,77
Ramallo	24,40	74,13	3,42	5,50	0,17	1,64	19,88	73,04	2,50	6,28	0,32	2,96
Urquiza	22,38	66,35	2,32	5,60	0,18	1,40	20,10	73,40	2,50	5,88	0,39	3,63
Porcentajes de cambio con el riego												
Chacabuco	-23,8	-5,5	-10,3	13,8	290,0	410,7						
Gouin	-22,4	-3,6	-6,3	13,0	105,6	329,5						
Rojas	3,3	0,2	-21,6	9,0	433,3	434,3						
Ramallo	-18,5	-1,5	-26,9	14,2	88,2	80,5						
Urquiza	-10,2	10,6	7,8	5,0	116,7	159,3						

Tabla N° 3. Valores medios de PSI y CE_{ex} de las series de suelos, obtenidos en secano (PSI A y CE_{ex} A), antes de iniciar la temporada de riego (PSI B y CE_{ex} B) y una vez concluida la misma (PSI C y CE_{ex} C). Valores medios de RT y RL de las series de suelos a cambios de sodio (RT PSI y RL PSI) y de sales (RT CE_{ex} y RL CE_{ex}).

Variable	Series de suelos					
	Chacabuco	Gouin	Rojas	Ramallo	Urquiza	Promedios
PSI A	1,03	1,32	1,08	1,64	1,40	1,29
PSI B	2,89	3,10	2,99	2,03	2,01	2,60
PSI C	5,26	5,67	5,77	2,96	3,63	4,65
RL PSI	0,55	0,57	0,55	0,70	0,73	0,62
RT PSI	5,10	4,29	5,34	1,80	2,59	3,83
CE _{ex} A	0,20	0,18	0,15	0,17	0,18	0,18
CE _{ex} B	0,35	0,25	0,31	0,19	0,23	0,27
CE _{ex} C	0,78	0,37	0,80	0,32	0,39	0,53
RL CE _{ex}	0,72	0,66	0,70	0,99	0,76	0,77
RT CE _{ex}	3,82	2,04	5,30	1,91	2,14	3,04

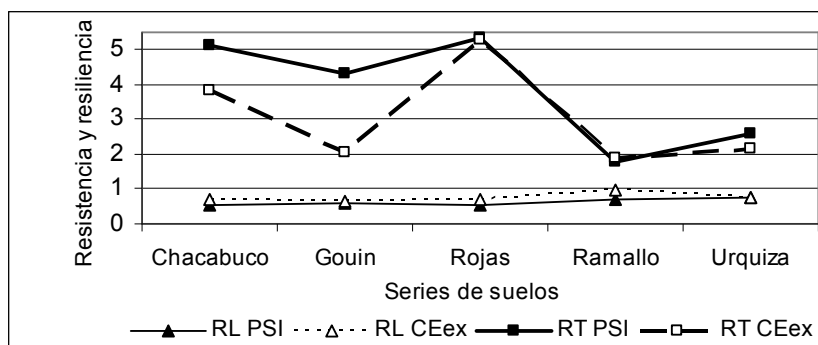


Figura N° 1. Valores de resistencia y resiliencia a cambios en el PSI y la CE_{ex} de las series de suelos.

Se halló una alta correlación ($r^2=0,89$) entre la RT y RL a cambios del PSI, no así entre las RT y RL a cambios de CE_{ex} cuya correlación fue muy baja ($r^2=0,17$). Esta respuesta resistente y resiliente se asocia a dos mecanismos de recuperación: el intercambio catiónico y el lavado de sales. La sodicidad edáfica depende fuertemente de la CIC y esta, a su vez, de los contenidos de MO y Ca intercambiable. La correlación entre la CIC y el % Ca de intercambio resultó elevada ($r^2=0,89$), pero entre la CIC y el % MO, fue menor ($r^2=0,56$). La salinidad no solo depende de la cantidad y calidad del aporte hídrico sino también del régimen de precipitaciones y otros factores

que intervienen en los procesos de infiltración y percolación, que generan el lavado de sales a expensas de las lluvias en exceso que habitualmente se registran en la ZNM.

Para explicar los resultados de la cuantificación de RT y RL, se tomaron en cuenta sus relaciones con los indicadores de calidad de suelos CIC, Ca, MO, CE_{ex} y PSI y de calidad de aguas CE_a y RAS. Respecto de la vinculación de los valores de RT y RL con los % de variación de los indicadores no salinos entre los suelos de secano y regados, ambas presentaron muy baja correlación. Contrariamente, las RT y RL a cambios sódicos se correlacionaron fuertemente con los aumentos del PSI; las mayores RTPSI se correspondieron con los más altos incrementos de PSI ($r^2=1$) y las mayores RLPSI ocurrieron con los menores incrementos de PSI ($r^2=0,89$). La $RTCE_{ex}$ aumentó con los mayores incrementos porcentuales de la CE_{ex} ($r^2=0,99$), pero la $RLCE_{ex}$ tuvo escasa relación con la variación de la CE_{ex} ($r^2=0,17$). Evidentemente, el riego produjo incrementos de salinidad y sodicidad en los suelos, en magnitudes condicionadas por la calidad de las aguas usadas, con mayor sensibilidad al aporte de sodio que de sales.

El análisis de las relaciones de RT y RL a cambios de las propiedades químicas de las series de suelos con los indicadores de calidad de aguas con que fueron regadas, determinó que están altamente correlacionadas: la RLPSI disminuyó con el aumento de la RAS ($r^2=0,80$) y la RTPSI aumentó con valores crecientes de la RAS ($r^2=0,87$), ambas a expensas del indudable impacto ocasionado por el suministro de mayor cantidad relativa de sodio con el agua de riego. También se evidenció una elevada correlación de la $RTCE_{ex}$ que se incrementó con los aumentos de la CE_a ($r^2=0,84$), explicada por el impacto de las aguas más salinas al finalizar la temporada de riego, mientras que la correlación entre la $RLCE_{ex}$ y la CE_a es baja ($r^2=0,43$), aunque muestra una tendencia creciente con la disminución de las concentraciones de sales incorporadas con el riego.

CONCLUSIONES

Todas las aguas de riego resultaron bicarbonatadas-sódicas, con rangos de CE_a entre 0,99 y 1,33 $dS.m^{-1}$ y RAS 7,7 a 13,7, pertenecientes a las clases C3S2 y C3S3 según el US Salinity Lab. y de ligera a moderada restricción de uso para el método del IPG-INTA. La alta correlación entre la CE_a y la RAS ($r^2=0,88$), explica el equilibrio entre los efectos de las sales y el sodio en la floculación de los coloides del suelo, que mantiene aceptables las aptitudes agrícolas de las aguas.

Los suelos correspondieron a las series Chacabuco y Gouin (Argiudoles ácuicos), Rojas y Urquiza (Argiudoles típicos) y Ramallo (Argiudol vértico). En todas se manifestó una tendencia incremental de los indicadores salinos causados por el riego, porcentualmente bajos los aumentos de pH y muy altos los aumentos de CE_{ex} y PSI, incluso cuadruplicando los datos de secano. Sin embargo, ninguno alcanzó magnitudes indicadoras de degradaciones drásticas y menos irreversibles, ya que la dinámica salino-sódica mostró un patrón de alternancia: los registros de posttemporada de riego superaron a los de pretemporada, sin marcar una tendencia acumulativa en el tiempo. Evidentemente funcionan dos mecanismos de recuperación que explican la RL: el lavado de sales por las lluvias y el intercambio catiónico donde el Ca sustituye al Na aportado con el riego.

Caracterizadas la RT y RL de los suelos, todas las series resultaron ser resilientes a las degradaciones, con valores de RL similares y de RT más variables. Se halló una alta correlación entre RT y RL a cambios del PSI ($r^2=0,89$) y muy baja correlación entre RT y RL a cambios en la salinidad ($r^2=0,17$). Las series Ramallo y Urquiza obtuvieron las menores RT y las mayores RL a cambios del PSI, repitiéndose el comportamiento de la RL a cambios de la CE_{ex} , salvo la $RTCE_{ex}$ de la serie Gouin, que resultó levemente menor que la de la serie Urquiza.

Las correlaciones de RT y RL a cambios en la sodicidad con los indicadores no salinos de calidad edáfica fueron muy estrechas con la CIC y el % Ca y casi nulas con la MO. Los suelos con mayor CIC y Ca evidenciaron las más altas RTPSI y RLPSI. Este comportamiento resiliente de los suelos, explica la gran difusión del riego complementario en la región, que además de atenuar el riesgo de ocurrencia de déficit hídricos, estabilizó las cosechas en altos rendimientos de los cultivos. Respecto de la salinidad, tanto la $RTCE_{ex}$ como la $RLCE_{ex}$ mostraron muy baja correlación con la CIC, el % Ca y la MO. En cambio las correlaciones entre las RT y RL con los indicadores salinos de la calidad de los suelos fueron altísimas, salvo el caso de la $RLCE_{ex}$ y el %

de incremento de la CE_{ex} . Las mayores RT ocurrieron en los suelos donde se registraron los mayores incrementos de PSI y CE_{ex} y lo mismo sucedió con la RLPSI.

Se encontró gran dependencia entre RT y RL con la calidad del agua, excepto la $RLCE_{ex}$ y la CE_a , que fue menor. Los suelos que recibieron aguas más sódicas y salinas, alcanzaron los más altos valores de RTPSI y $RTCE_{ex}$, respondiendo al impacto de las sales y el Na en el suelo una vez transcurrida la temporada de riego. Los suelos más resilientes a cambios del PSI fueron los que recibieron las aguas con mayor RAS, manifestando su capacidad recuperativa.

La evaluación de la calidad de los suelos regados, utilizando como indicadores principales la resistencia y la resiliencia a cambios en sus propiedades químicas, permite concluir que se mantiene la capacidad de funcionamiento del suelo a expensas de los mecanismos de recuperación de los disturbios producidos, por lo tanto el riego complementario de cultivos extensivos en la Zona Núcleo Maicera es un sistema de manejo agronómico sustentable.

BIBLIOGRAFIA

- Ayers, R. & D. Westcot. 1989. La calidad del agua en la agricultura. Serie FAO Riego y Drenaje N° 29 rev.1. Roma.
- Carta de suelos de la República Argentina. 1998. Esc. 1:50.000. Varias hojas. Instituto de Suelos. CIRN. INTA. Castelar.
- Cork, S; Eadie, L; Mele, P; Price, R. & D. Yule. 2012. The relationships between land management practices and soil condition in Australia. Kiri-ganai Research Pty Ltd. Camberra, Australia. 127 pp. Cap 8.
- Doran, J; Sarrantonio, M. & M. Liebig. 1996. Soil health and sustainability. Vol 56, Academic Press, San Diego, pp 1-54.
- Génova, L. 1993. Estudio de la degradación de suelos bajo riego complementario de cultivos extensivos con aguas del acuífero Pampeano en el norte de Bs Aires. XIV Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. 347:352 pp. Mendoza.
- Génova, L. 1994 a. Riego complementario de maíz, soja y trigo en el norte de Buenos Aires: efectos de la salinidad de las aguas subterráneas en los suelos y su influencia en los rendimientos. Cong. Int. Ing. Agríc, U. Concepción, Chile
- Génova, L. 1994 b. Riego complementario del cultivo de maíz: análisis comparativo de costos totales de riego de cinco tipos de equipamiento. Actas 1er Cong. Intern. de Ing. Agrícola, Univ. de Concepción, Chile.
- Génova, L. 1994 c. Diseño, operación y evaluación de riego complementario por surcos, en terrenos no nivelados de la región norpampeana. Actas I Cong. Int. de Ing. Rural y III Cong. Arg. de Ing. Rural. Morón, Bs Aires, 11-15-07-1994.
- Génova, L. 1995. Diseño y operación de riego complementario por surcos de maíz, soja, sorgo y girasol en la Región Pampeana Húmeda. 2do. Semin. de Actualiz. Técn. en Riego. Ed. CPIA, CADIA-INTA-SRA. pp 25-38. Buenos Aires.
- Génova, L. 2003. Resistencia y resiliencia de suelos pampeanos a la degradación salina y sódica, disturbados por riego complementario. Rev. Fac. Agronomía. 23 (2-3)119:130. Buenos Aires.
- Génova, L. 2006. Sustentabilidad de agroecosistemas bajo riego complementario en la Pampa Húmeda Argentina. Rev. Brasileira de Agroecología. Nov 2006. 1:1:71-74.
- Génova, L. 2007. Resiliencia a la degradación salina y sódica de algunos suelos pampeanos regados complementariamente con aguas subterráneas bicarbonatadas sódicas. Tesis doctoral. FCAYF-UNLP La Plata. 245p
- Génova, L. 2010 a. Dinámica salina de suelos regados complementariamente. Libro de resúmenes del XXII Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo, Pág. 229. Trabajo completo N° 4-444-1 en CD Rom. Mayo 31 a Junio 4 de 2010. Rosario
- Génova, L. 2010 b. Sustentabilidad de agroecosistemas pampeanos argentinos regados complementariamente. Tomo II. Cap. Agrohidrología. 605-612 pp. M. Varni, I. Entraigas y L. Vives (Eds) Azul, Argentina. ISBN 978-987-543-392-2.
- Génova, L. 2011. Calidad del agua subterránea para riego complementario en la Pampa Húmeda argentina. Revista de la Facultad de Agronomía Vol 110 (2): 63-81. La Plata.
- Génova, L. 2013. Comparación de tres clasificaciones de calidad de aguas para riego complementario en el Norte de la Pcia. de Bs. Aires. Tomo II. Pp 131-138. González. et al eds. Ed. Univ. de La Plata. ISBN 987-1985-04-5. La Plata.
- Herrick, J. & M. Wander. 1998. Relationships between soil organic carbon and soil quality in cropped and rangeland soils. In Soil Proceses and the CarbonCycle. R. Lal et al (eds). Adv. in Soil Sci. CRC Press, B. Ratón, Florida, pp 405-426.
- Lal, R. 1997. Degradation and resilience of soils. Phil. Trans. Royal Society. B 352, 997:1010. London.
- Lang, I. 1994. Soil resilience in stressed agroecosystems In Proc.15th World Cong. of Soil Sci, Acapulco Vol 2a:217-220.
- Masera, O; Astier, M. & S. Lopez-Ridaura. 1999. Sustentabilidad y evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Mundi-Prensa-GIRA-UNAM. México.
- Parr, J; Papendick, L; Hornick, S. & R. Meyer. 1992. Soil quality: Amer. J. Alternative Agric. 7:5-11.
- Programa de métodos analíticos de referencia. 1995. Comité de Química, Asoc. Arg. de la Ciencia del Suelo. Bs. Aires.
- PROSAP (Programa de Servicios Agrarios Provinciales). 2006. Servir al agro. Ed. SAGPyA. Bs Aires.
- Proyecto IPG-INTA. 1998. Síntesis de discusión del taller sobre calidad de aguas para riego. Proy. IPG. Pergamino.
- Richards, L. (Ed). 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook N°60. Washington.
- Rožanov, B. 1994. Stressed soil system and soil resilience in drylands.15th World Cong. Soil Sci. Acapulco, Pp. 238-245.
- Seybold, C; Herrick, J & J. Brejda. 1999. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. Soil Sci.164:4:224-234.
- Vázquez, C; Merlo, C; Noe, L; Romero, C; Abril, A & C. Carranza. 2013. Sustentabilidad/resiliencia de los componentes de la materia orgánica del suelo en una región árida de Argentina. Spanish J. of Soil Sc. 3:1:73-77
- Warkentin, B. 1996. The changing concept of soil quality. J. Soil Water Conserv. 50:226-228
- Williams, J. & C. Chartres.1991. Sustaining productive pastures in the tropics. Trap. Gras. 25:73-84.
- Wyckers, A. & L. Génova. 1987. Evaluación del efecto del riego complementario en el cultivo de maíz con aguas bicarbonatadas sódicas en la región típica maicera. Trabajo de Intensificación. Fac. de Agronomía UBA. 45 pp.